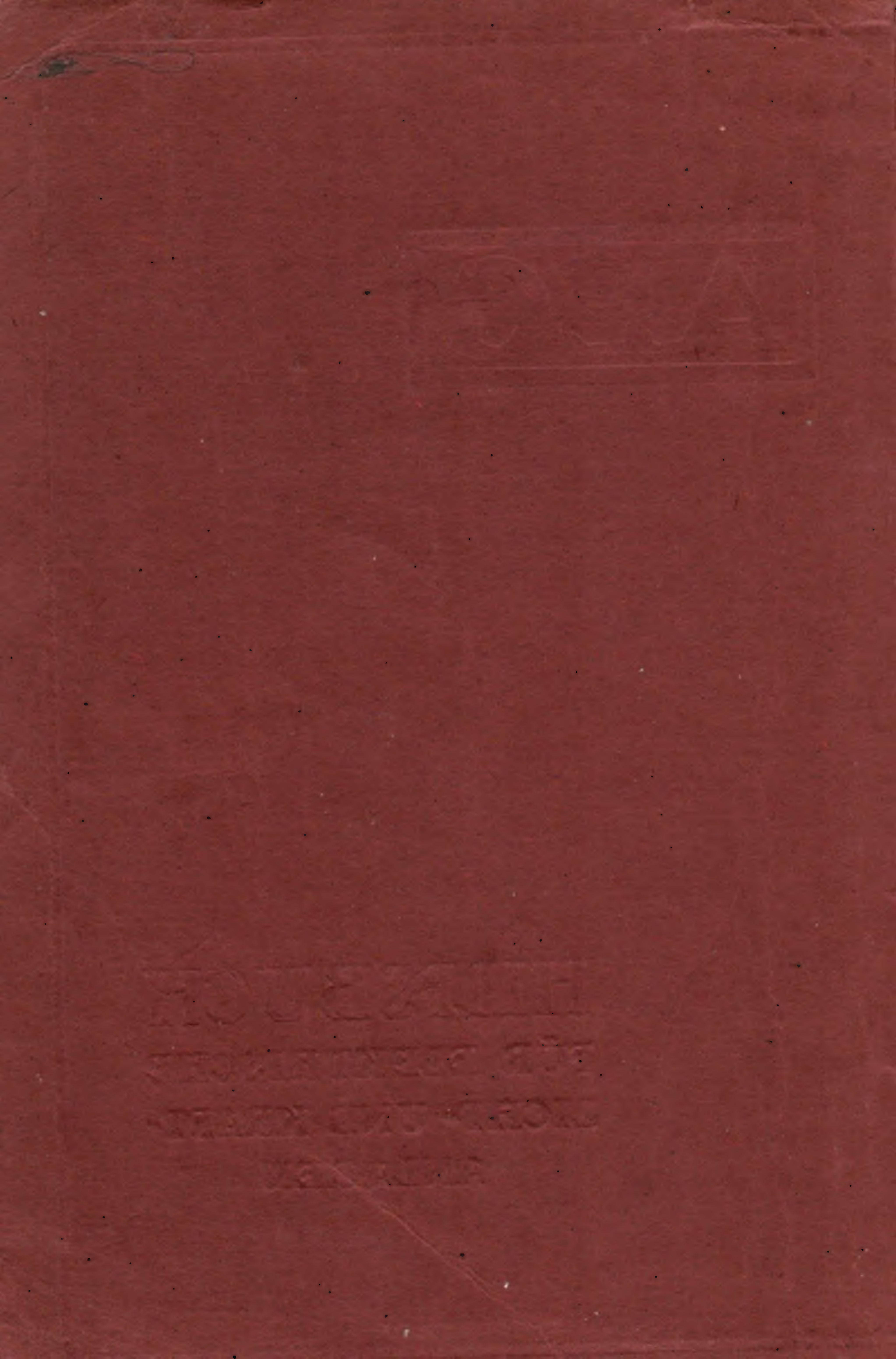
AEG

HILFSBUCH

FÜR ELEKTRISCHE LICHT- UND KRAFT-ANLAGEN





HILFSBUCH
FÜR
ELEKTRISCHE
LICHT- UND KRAFT-
ANLAGEN

1921
Allgemeine Elektricitäts - Gesellschaft
Berlin

Das vorliegende Hilfsbuch stellt eine Ergänzung der regelmäßig erscheinenden **kleinen AEG-Preisliste** dar. Sein Inhalt setzt daher die Kenntnis dieser Preisliste voraus und soll ihre Benutzung erleichtern.

Die zahlreichen **Winke und Erfahrungswerte** sollen den Fachmann bei dem Entwurf, der Ausführung und dem Betriebe elektrischer Licht- und Kraftanlagen unterstützen und die sachgemäße Verarbeitung von Installationsmaterialien fördern. Dem Nichtfachkundigen ist daneben in kürzester Form Gelegenheit geboten, sich zu unterrichten.

Der zweite Teil stellt eine allgemeine Einführung in diejenigen **Sondergebiete der Starkstromtechnik,** insbesondere der Kraftbetriebe dar, welche nicht ohne Mitwirkung von Fachingenieuren bearbeitet werden können. Sie soll die Projektierung solcher Anlagen vorbereiten und das Verständnis für sie fördern.

Alle Angaben werden ohne Verbindlichkeit gemacht und — soweit sie Eigenschaften von Fabrikaten darstellen — ist ihre Aenderung jederzeit vorbehalten.

INHALT

ERSTER TEIL

Seite

Motoren

ZWEITER TEIL

Sondergebiete

Ein besonderes Sachverzeichnis, sowie ein Verzeichnis der Tabellen des ersten Teiles befinden sich am Schluß des Hilfsbuches.

ERSTER TEIL

Die Größe eines elektrischen Stromes **(Stromstärke)** hängt von der Höhe der **Spannung**, unter welcher er entsteht, und von dem **Widerstand**, welchen der den Strom leitende Körper seinem Durchfluß entgegensetzt, ab. Das Maß für die Spannung ist das **Volt** (V), dasjenige für den Widerstand das **Ohm** (Ω), während die Einheit für die Stromstärke das **Ampere** (Amp.) ist. 1 Ampere ist die Stärke desjenigen Stromes, welcher durch einen Leiter von 1 Ohm Widerstand fließt, wenn zwischen seinen beiden Enden die Spannung 1 Volt herrscht.

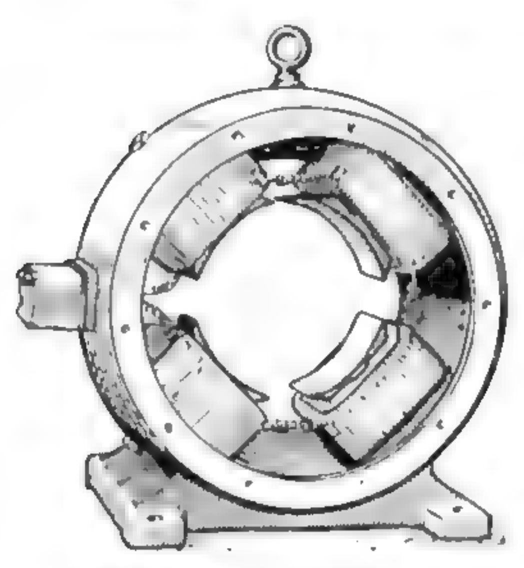


Abb. 1. Magnetgehäuse.

Dynamomaschinen oder **Generatoren** sind Maschinen, welche elektrischen Strom durch Induktion erzeugen. Jede Dynamo besteht aus den **Feldmagneten** und dem **Anker.** Erstere sind ruhende Elektromagnete (Abb. 1), zwischen denen der Anker sich dreht. In ihm wird der Strom erzeugt. Um einen dauernd gleichmäßigen Strom in einer Richtung, **(Gleichstrom)** zu erzielen, erhält der Anker (Abb. 2) einen **Kommutator** oder **Kollektor.** Dieser besteht aus zahlreichen zylinderförmig aneinandergefügten aber gegeneinander isolierten Kupferstreifen, **Segmenten,** die alle einzeln mit den vielen Drahtschleifen des Ankers, **Ankerspulen** (Abb. 3), verbunden sind. Auf dem Kollektor gleiten Metall- oder Kohlestücke, die **Bürsten.** Sie werden von **Bürstenhaltern** (Abb. 4) getragen, welche die Bürsten federnd andrücken und häufig zu mehreren auf einem **Bürstenbolzen** aufgereiht sind. Alle Bürstenbolzen einer Dynamo werden von einem besonderen Gußkörper getragen, der **Bürstenbrille (Bürstenhalterstern, Bürstenjoch)**. Von den Bürstenbolzen wird dann der Strom in ruhende Drahtleitungen übergeführt.

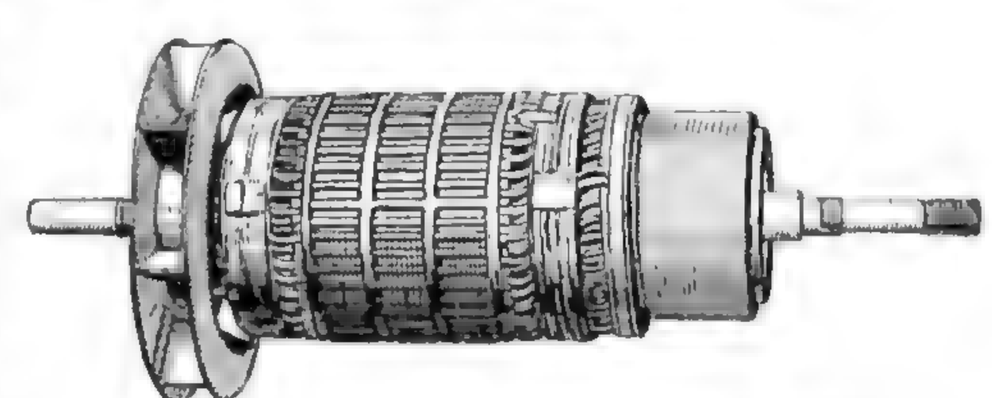


Abb. 2. Gleichstromanker mit Kollektor.



Abb. 3. Ankerspule.

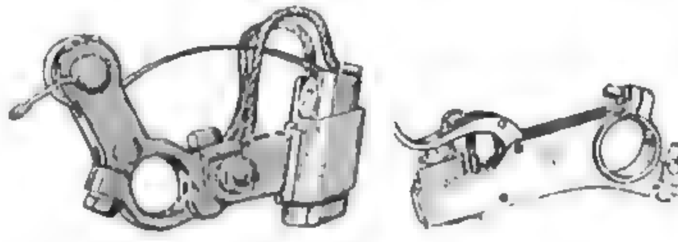


Abb. 4. Bürstenhalter.

Die Drahtumwicklung der **Feldmagnete** (Abb. 5) wird stets mit Gleichstrom gespeist. Dieser Strom wird bei Gleichstromdynamos dem im eigenen Anker erzeugten Strom, dem Hauptstrom, entnommen. Je nach der Art des Durchflusses des Stromes durch die Magnetwicklung unterscheidet man:

1. **Nebenschlußdynamos,** bei welchen die Magnetwicklung zum Hauptstrom im Nebenschluß liegt (Abb. 6). Diese finden die häufigste Anwendung. Ihre Spannung wird von der Stärke des entnommenen Stromes nur wenig beeinflußt. Bei zunehmendem Strom fällt die Spannung etwas ab.

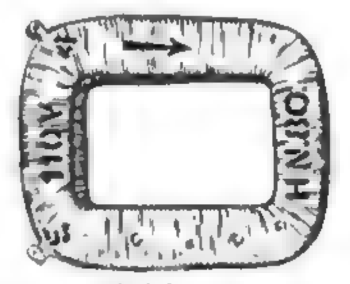


Abb. 5. Feldmagnetspule.

2. **Hauptstromdynamos,** bei welchen der ganze Hauptstrom durch die Magnetwicklung fließt und erst dann abgegeben wird (Abb. 7). Sie werden seltener verwandt, ihre Spannung steigt und fällt mit der Stromstärke.

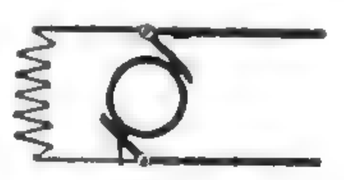
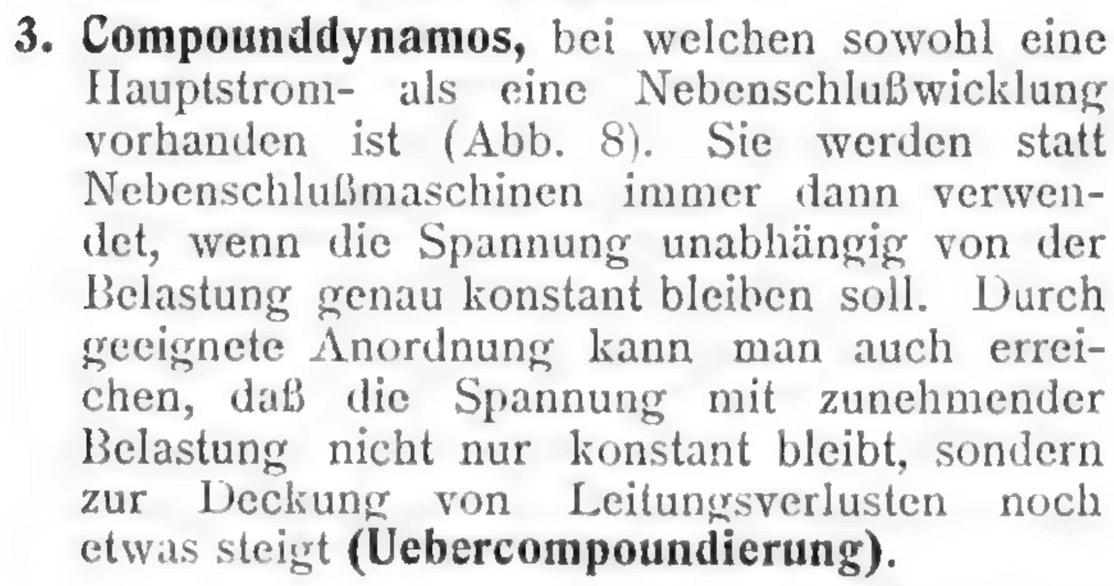


Abb. 6. Nebenschlußdynamo.

3. **Compounddynamos,** bei welchen sowohl eine Hauptstrom- als eine Nebenschlußwicklung vorhanden ist (Abb. 8). Sie werden statt Nebenschlußmaschinen immer dann verwendet, wenn die Spannung unabhängig von der Belastung genau konstant bleiben soll. Durch geeignete Anordnung kann man auch erreichen, daß die Spannung mit zunehmender Belastung nicht nur konstant bleibt, sondern zur Deckung von Leitungsverlusten noch etwas steigt **(Uebercompoundierung).**



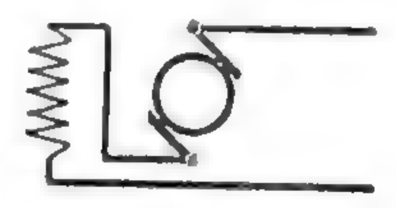


Abb. 7. Hauptstromdynamo.

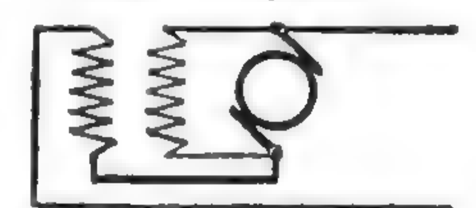
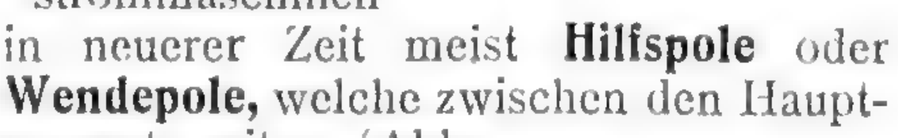


Abb. 8. Compounddynamo.

Außer den normalen Feldmagneten erhalten Gleichstrommaschinen in neuerer Zeit meist **Hilfspole** oder **Wendepole,** welche zwischen den Hauptmagneten sitzen (Abb. 9 und 10), und deren Wicklung vom Hauptstrom durchflossen wird (Abb. 11). Sie haben den Zweck, das Gleichrichten des Stromes durch den Kollektor zu erleichtern und die Funkenbildung auf dem Kollektor, das Feuern, auch bei stark schwankender Belastung zu vermeiden.



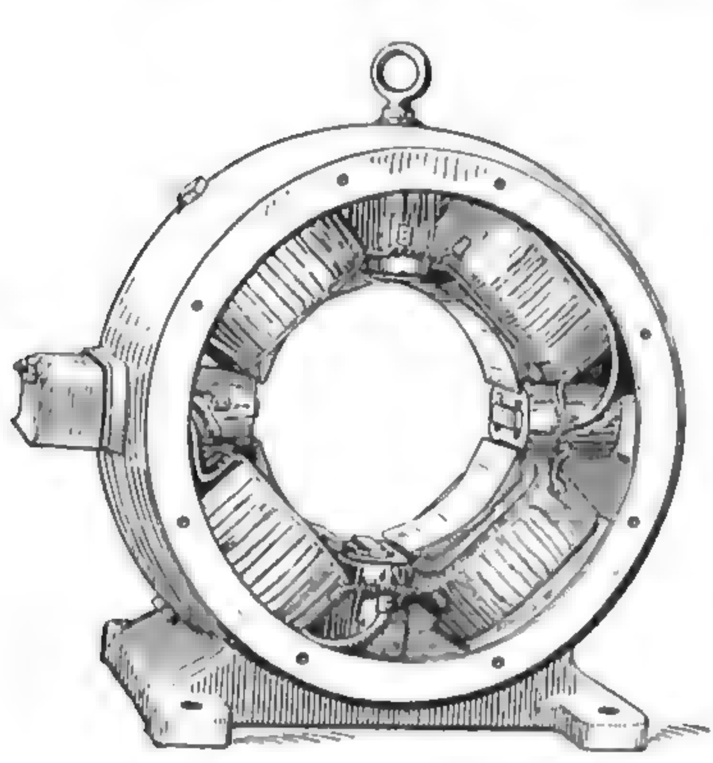


Abb. 9. Gleichstrom-Magnetgehäuse mit Hilfspolen.



Abb. 10. Hilfspolspule.

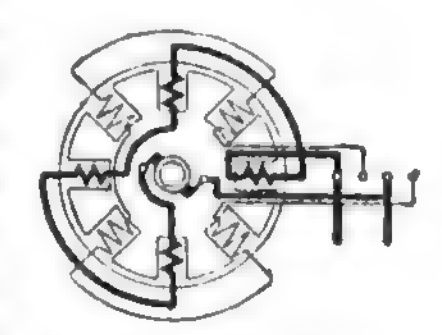


Abb. 11. Stromverlauf in den Hilfspolen.

Unter Fortfall des Kollektors kann man Dynamomaschinen so einrichten, daß man dem Anker den ursprünglich in ihm erzeugten Strom als **Wechselstrom** entnimmt. Dieser fließt, gleichsam pulsierend, abwechselnd in der einen und anderen Richtung und nimmt fortdauernd in seiner Stärke zu und ab. Sein Wesen wird am besten durch eine Welle dargestellt, deren erste Hälfte den Stromverlauf in einer Richtung, deren zweite Hälfte denjenigen in der entgegengesetzten Richtung wiedergibt (Abb. 12).

Abb. 12. Verlauf eines Wechselstromes.

Wechselströme unterscheiden sich untereinander insbesondere durch die Häufigkeit der Wechsel in der Sekunde **(Wechselzahl)**. Zwei Wechsel bilden eine **Periode.** Die Anzahl der Perioden in der Sekunde heißt **Frequenz.** In Deutschland sind 50 Perioden = 100 Wechsel üblich.

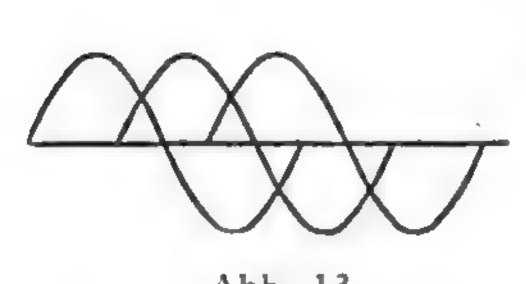


Abb. 13.
Verlauf eines Drehstromes.

Außer dem einfachen Wechselstrom, dargestellt durch eine Welle **(einphasiger Wechselstrom),** gibt es mehrphasige, von denen insbesondere der dreiphasige Wechselstrom, der **Drehstrom,** von Bedeutung ist. Er besteht aus drei Wechselströmen, deren Pulsationen je um ein Drittel einer Periode gegeneinander verschoben sind, wie dies die drei Wellen der Abb. 13 veranschaulichen.

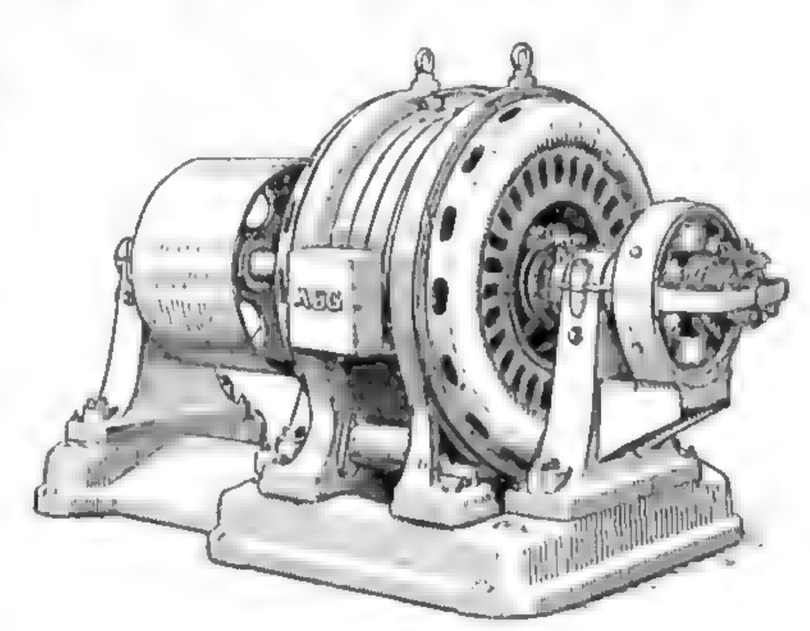
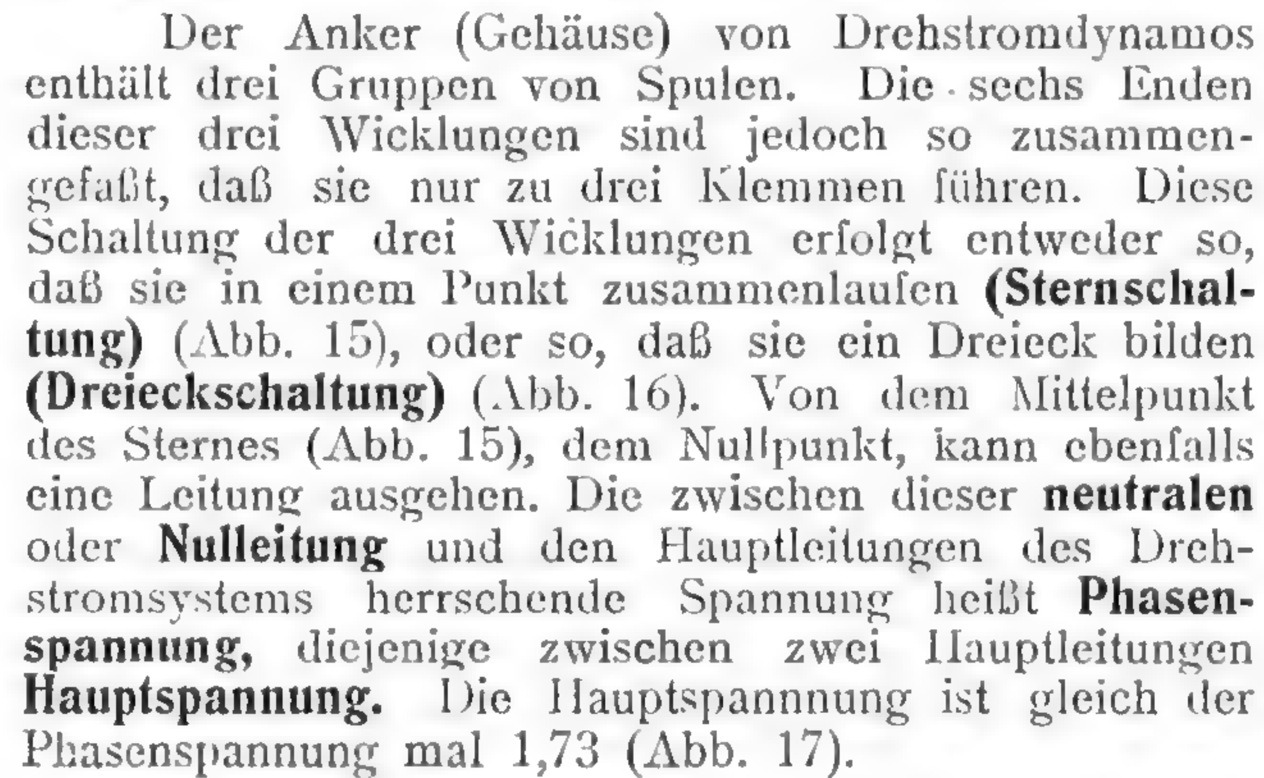


Abb. 14.
Drehstromdynamo mit Erregerdynamo.

Wechselstromdynamos erhalten statt des Kollektors zur Entnahme des im Anker erzeugten Stromes einfache **Schleifringe**, auf denen die Bürsten gleiten. Sie können auch so gebaut werden, daß der Anker stillsteht **(Gehäuse)** und die Feldmagnete rotieren **(Induktor)**. Dann wird der zur Speisung **(Erregung)** der Feldmagnete erforderliche Gleichstrom durch zwei Schleifringe dem Induktor zugeführt und entweder einer besonderen Gleichstromquelle entnommen **(Fremderregung)** oder von einer mit der Wechselstromdynamo direkt gekuppelten **Erregerdynamomaschine** geliefert (Abb. 14).

Abb. 15.
Sternschaltung.



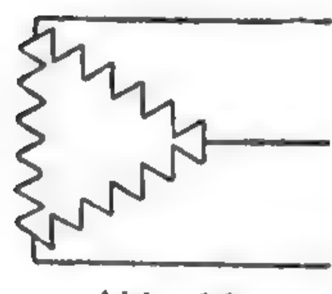


Abb. 16.
Dreieckschaltung.

Der Anker (Gehäuse) von Drehstromdynamos enthält drei Gruppen von Spulen. Die sechs Enden dieser drei Wicklungen sind jedoch so zusammengefaßt, daß sie nur zu drei Klemmen führen. Diese Schaltung der drei Wicklungen erfolgt entweder so, daß sie in einem Punkt zusammenlaufen **(Sternschaltung)** (Abb. 15), oder so, daß sie ein Dreieck bilden **(Dreieckschaltung)** (Abb. 16). Von dem Mittelpunkt des Sternes (Abb. 15), dem Nullpunkt, kann ebenfalls eine Leitung ausgehen. Die zwischen dieser **neutralen** oder **Nulleitung** und den Hauptleitungen des Drehstromsystems herrschende Spannung heißt **Phasenspannung,** diejenige zwischen zwei Hauptleitungen **Hauptspannung.** Die Hauptspannung ist gleich der Phasenspannung mal 1,73 (Abb. 17).

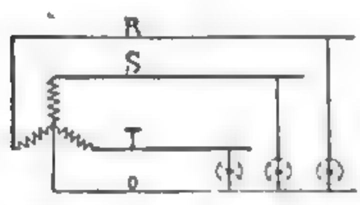


Abb. 17. Drehstromsystem mit Nulleitung.

Elektrische Leistung, z. B. die Leistung einer Dynamomaschine, wird ausgedrückt in **Watt** (W). Bei Gleichstrom ist die Leistung gleich dem Produkt aus Spannung und Strom (Watt = Volt × Ampere). **1 Kilowatt** (kW) ist gleich 1000 Watt. Elektrische Arbeit ergibt sich aus dem Produkt der Leistung und der Zeit, in der die Leistung wirkt, und wird gemessen in **Wattstunden** (W-Std.) bzw. **Kilowattstunden** (kW-Std.).

Während bei Gleichstrom stets Watt gleich Volt mal Ampere sind, gilt **für Drehstrom: Watt gleich 1,73 mal Volt mal Ampere** (einer Leitung) **mal cos φ.** Hierin ist **cos φ** der mathematische Ausdruck für den **Leistungsfaktor.** Derselbe stellt das Verhältnis der scheinbaren Leistung in **Voltampere** (gleich Volt mal Ampere mal 1,73) zur wirklichen Leistung in Watt dar und beträgt im Mittel 0,8.

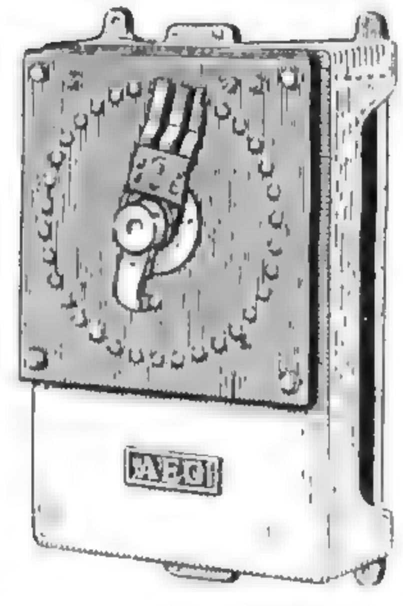


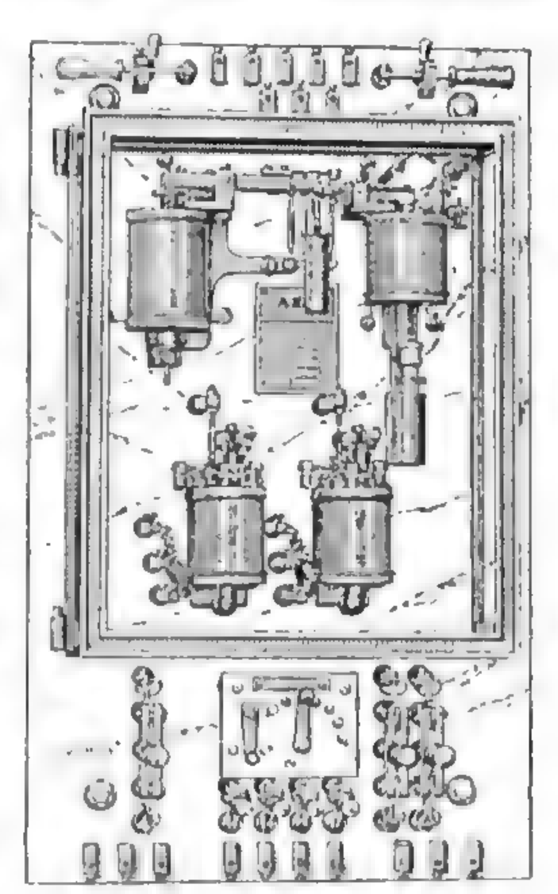
Abb. 18.
Nebenschlußregulator (Handrad hinten).

Da sich bei Dynamomaschinen die Spannung in gewissen Grenzen je nach der Größe der Belastung ändert, ist, um die gewünschte Gleichmäßigkeit der Spannung zu erzielen, eine Regulierung derselben notwendig. Die Spannung ist nun von der Stärke des magnetischen Feldes abhängig; die Regulierung erfolgt daher durch Veränderung der Stromstärke in der Wicklung der Feldmagnete. Die hierfür eingeschalteten **Nebenschlußregulatoren** (Abb. 18) sind Widerstände, in denen ein Teil der für die Erregung bestimmten elektrischen Energie vernichtet wird. Die Regulierung erfolgt durch eine Kurbel, welche beliebige Werte des Widerstandes einzuschalten gestattet.

Während bei Gleichstrom nur dieser Nebenschlußregulator in Frage kommt, kann man dagegen bei Drehstrom mit direkt gekuppelten Erregermaschinen einmal einen Nebenschlußregulator in die Magnetwicklung der Erregermaschine schalten und außerdem einen ähnlichen in die Erregerwicklung der Drehstrommaschine, das ist also der Hauptstromkreis der Erregerdynamo. Diesen Regulator bezeichnet man zum Unterschied als **Magnetregulator** der Drehstromdynamo.

Bei Betrieben, welche infolge einer häufigen Belastungsänderung einer dauernden Regulierung der Spannung bedürfen, wird zweckmäßig die Regulierung von Hand durch **automatische Nebenschluß- und Magnetregulatoren (Selbstregler)** ersetzt. Die Drehung der Kurbel geschieht hier durch einen kleinen Elektromotor, dessen Ein- und Ausschaltung in der einen oder anderen Richtung vermittels Elektromagneten in unmittelbarer Abhängigkeit von den Spannungsschwankungen bewirkt wird.

Für Drehstrom kommen außerdem **Tirrillregulatoren** (Abb. 19) zur Verwendung, welche durch Einwirkung auf die Spannung der Erregermaschinen die Drehstromspannung auch bei stoßweisen, starken Belastungsschwankungen konstant halten. In besonderen Fällen werden auch bei Gleichstrom Erregermaschinen u. Tirrillregler verwendet.


Abb. 19.
Tirrillregulator.

Im Gegensatz zum Wechsel- und Drehstrom läßt sich Gleichstrom in **Akkumulatoren** (Sammlern) aufspeichern, so daß man nach beliebiger Zeit den hineingeladenen Strom wieder entnehmen kann. Zahlreiche **Akkumulatorenelemente** (Zellen) werden zur Erzielung der notwendigen Spannung hintereinander geschaltet und bilden dann eine **Batterie**. Von der Größe und Anzahl der Platten in einem Element hängt die Strommenge ab, welche der Akkumulator aufnehmen bzw. abgeben kann.

Diese Strommenge, ausgedrückt in **Amperestunden** (gleich Ampere mal Stunden), stellt die **Kapazität** (Aufnahmefähigkeit) der Batterie dar. Im allgemeinen wird die Kapazität so bemessen, daß die maximale Stromstärke 3 Stunden lang aus der voll geladenen Batterie entnommen werden kann. Eine entladene Zelle hat 1,83 Volt, eine voll geladene Zelle ca. 2,1 Volt; solange jedoch die Ladung noch andauert, steigt die Spannung bis zu 2,7 Volt. Für die üblichen Lichtspannungen von 110 bzw. 220 Volt sind also 60 bzw. 120 Elemente zu je 1,83 Volt erforderlich. Um diese Elemente zu laden, wäre demnach bei 60 Elementen eine maximale Spannung von $60 \times 2{,}7 =$ ca. 160 Volt, bzw. bei 120 Elementen $120 \times 2{,}7 =$ 320 Volt erforderlich.

Eine Dynamomaschine, welche für 110 oder 220 Volt gebaut ist, kann also die zugehörige Akkumulatorenbatterie nicht ohne weiteres laden. Um diese Ladung zu ermöglichen, gibt es drei Wege:

1. Man erhöht die Spannung der Dynamomaschine dadurch, daß man die Umdrehungszahl entsprechend steigert. Dieser Weg ist nur ausnahmsweise möglich.
2. Man baut die Dynamomaschine von vornherein für die höchste Ladespannung und erniedrigt für den normalen Betrieb die Spannung dadurch, daß man einen Nebenschlußregulator (Ausführung K) mit besonders hohem Widerstand einschaltet.
3. Man läßt die zugehörige Dynamomaschine mit der normalen Spannung arbeiten und stellt eine zweite Dynamo **(Zusatzdynamo)** auf, welche durch Hintereinanderschaltung mit der Hauptdynamo die Steigerung der Gesamtspannung bis zu der gewünschten Höhe hervorbringt. Da derartige Zusatzdynamos nur stundenweise gebraucht werden und einer Veränderung der Umlaufzahl bedürfen, werden dieselben in der Regel durch einen besonderen Elektromotor angetrieben. Diese beiden miteinander direkt gekuppelten Maschinen stellen dann ein **Zusatzaggregat** dar.

Da bei Beginn der **Entladung** die Spannung noch 2,1 Volt pro Element beträgt, die Gesamtspannung also 126 bzw. 252 Volt ist, wird die Abschaltung einer Anzahl von Zellen erforderlich, um auf die normale Spannung von 110 bzw. 220 Volt zu kommen. Die Anzahl dieser Elemente muß mit fortschreitender Entladung jeweils so verändert werden, daß dauernd die normale Betriebsspannung abgegeben wird. Zur Abschaltung dieser Zellen dienen **Zellenschalter** (Abb. 20), und zwar unterscheidet man **Einfach-** und **Doppelzellenschalter.** Erstere gestatten nur nacheinander Ladung und Entladung; letztere lassen jedoch auch während der Ladung eine gewisse Stromentnahme zu.

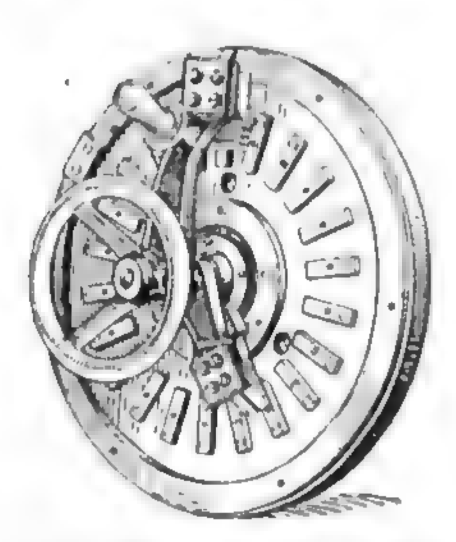


Abb 20. Zellenschalter.

Da bei Zellenschaltern ähnlich wie bei Nebenschlußregulatoren ein häufiges Nachstellen erforderlich ist, hat man **automatische Zellenschalter** konstruiert, welche in gleicher Weise in Abhängigkeit von der Spannung die Verstellung der Zellenschalterkurbel vornehmen. Eine besondere Abart derartiger automatischer Zellenschalter, deren Kurbeln durch zwei große Elektromagnete (an Stelle des kleinen Elektromotors) unmittelbar fortgeschaltet werden, nennt man „System **Trumpy**“.

Da zur Verbindung der Zellenschalter mit den einzelnen Akkumulatorenzellen zahlreiche Kupferleitungen **(Zellenschalterleitungen)** erforderlich sind, ist man bestrebt, die Zellenschalter in unmittelbarer Nähe der Akkumulatoren anzubringen. Man verwendet bei größeren Entfernungen automatische Zellenschalter, zu deren **Fernbetätigung** Druckknöpfe in der Nähe der Dynamomaschine angebracht werden. Auch diese Zellenschalter lassen sich für selbsttätige Spannungsregulierung einrichten.

Um den von einer Dynamomaschine erzeugten Strom in Stärke und Spannung zu messen, verwendet man Meßinstrumente, deren Zeiger auf einer Teilung die Anzahl der Ampere **(Amperemeter, Strommesser)** oder die Anzahl der Volt **(Voltmeter, Spannungsmesser)** abzulesen gestatten. Zur Messung der Leistung in Watt, insbesondere bei Wechsel- und Drehstrom, benutzt man **Wattmeter (Leistungsmesser)**, deren Ablesung in gleicher Weise erfolgt. (Ueber die Unterschiede zwischen elektromagnetischen, ferrodynamischen und Präzisionsinstrumenten enthält die Preisliste Näheres.)

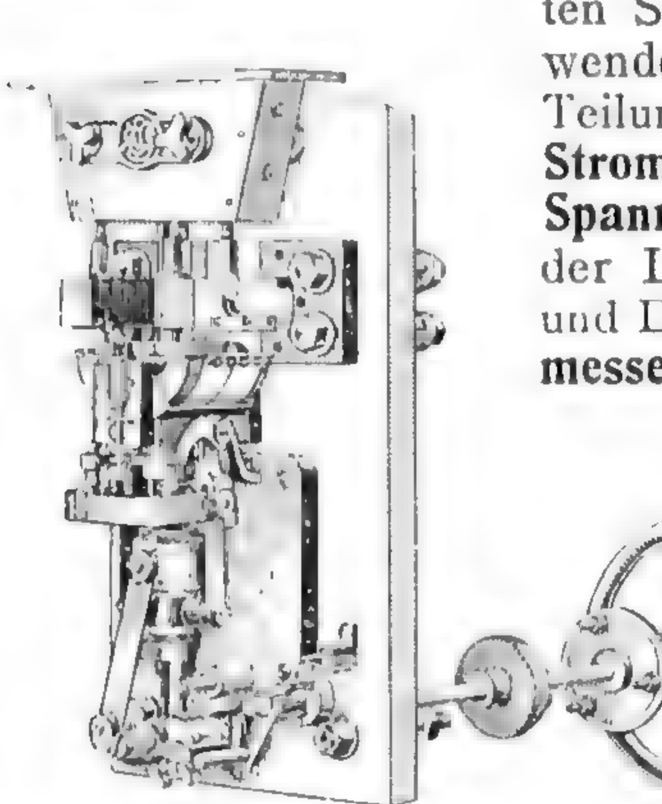


Abb. 21.
Selbsttätiger Maximalausschalter für Gleichstrom.

Zur Messung elektrischer Arbeit in Wattstunden (Kilowattstunden) werden **Zähler** (Elektrizitätszähler) verwendet, welche durch ein Zählwerk jeweils die bis dahin durchgegangene Energie angeben. (Ueber die Unterschiede der wesentlichen Konstruktionen enthält die Preisliste Näheres.)

Während die vorgenannten Meßinstrumente die Größenverhältnisse des elektrischen Stromes erkennen lassen, dient die Gruppe der Schaltapparate dazu, dem Strom die richtigen Wege zu weisen.

Der gewöhnliche **Hebelschalter** oder **Schalter** stellt eine von Hand betätigte Unterbrechungsstelle in dem Leitungsweg des Stromes dar. **Hebelumschalter** sind gleichsam Stromweichen, bei denen der Weg des Stromes sich verzweigt und je nach der Stellung des Umschalters den einen oder anderen Zweig verfolgt. **Serienschalter** sind eine besondere Art **Dosenschalter (Drehschalter)**, welche das Einschalten von Lampengruppen nacheinander ermöglichen. (Ueber die einzelnen Arten von Schaltern und Schalthebeln enthält die Preisliste Näheres.) **Steckvorrichtungen** sind Unterbrechungsstellen des Stromes, in denen der feste Teil einer Leitung mit einem beweglichen verbunden wird. Daher gibt es zwei- und dreipolige Steckvorrichtungen, jede bestehend aus der **Steckdose,** dem festen Teil, und dem **Stecker,** dem beweglichen Teil. (Näheres in der Preisliste.) Da alle Stromquellen nur einen gewissen Höchstwert der Stromstärke abgeben dürfen, wenn nicht unzulässige Erwärmungen oder Defekte auftreten sollen, so muß dafür gesorgt werden,

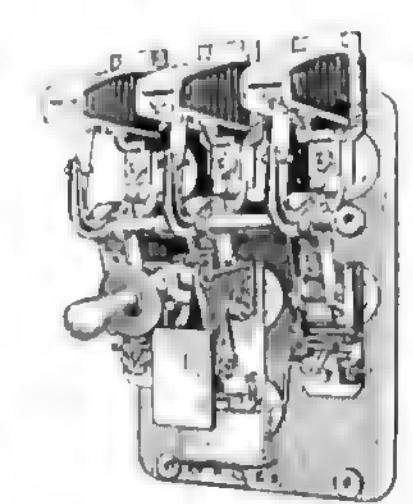


Abb. 22.
Selbsttätiger Maximalausschalter für Drehstrom.

daß der Strom selbsttätig unterbrochen wird, wenn dieser zulässige Höchstwert überschritten wird. Die hierzu verwendeten **Sicherungen** sind im wesentlichen kurze Drähte von geringem Querschnitt, in der Regel aus Silber. Diese dünnen Drähte werden so bemessen, daß sie sich bei Steigerung der Stromstärke über das zulässige Maß hinaus schnell erwärmen und abschmelzen, so daß dann der Strom unterbrochen ist. Eine derartige Steigerung der Stromstärke kann insbesondere dadurch entstehen, daß zwei Leitungen verschiedener Polarität unmittelbar miteinander in Berührung kommen **(Kurzschluß)**; in diesem Falle ist nämlich der Widerstand zwischen beiden Polaritäten äußerst gering, die Stromstärke kann demnach außerordentlich große Werte annehmen. Um die schädlichen Folgen dieser hohen Stromstärken zu verhindern, müssen Schmelzsicherungen den Stromlauf sofort unterbrechen.

Jede elektrische Maschine und Akkumulatorenbatterie wird daher mit Schalthebeln und Sicherungen versehen. In neuerer Zeit vereinigt man beides in **selbsttätigen Maximalausschaltern (Ueberstromausschalter)** (Abb. 21 und 22); sie können von Hand aus- und eingeschaltet werden, besitzen jedoch außerdem einen Elektromagneten, welcher bei unzulässig hohem Strom einen Anker anzieht, der seinerseits das Ausschalten des Hebels veranlaßt. Damit dieses Ausschalten nicht bei vorübergehenden Ueberschreitungen der Stromstärke erfolgt, die der Maschine nichts schaden, kann man **Maximalautomaten** mit **Zeitrelais** verwenden, so daß die Ausschaltung nur eintritt, wenn der unzulässig starke Strom eine gewisse Zeit lang (2 bis 20 Sekunden) anhält. Nach Art dieser selbsttätigen Maximalausschalter gibt es in gleicher Weise arbeitende **Rückstromautomaten,** welche in Anlagen mit mehreren Stromquellen (insbesondere also bei Anlagen mit Akkumulatoren) zur Verwendung kommen. Arbeitet z. B. eine Gleichstromdynamo gleichzeitig mit einer Akkumulatorenbatterie, so könnte, wenn die Spannung der Dynamomaschine etwa infolge Versagens der Antriebsmaschine sinkt, der Strom rückwärts, also aus den Akkumulatoren in die Dynamomaschine fließen. In diesem Falle würde der Rückstromautomat sofort den Strom unterbrechen. Zum gleichen Zweck werden vielfach selbsttätige Minimalausschalter **(Nullautomaten)** (Abb. 23) verwendet, welche bereits ausschalten, bevor es zu einem wirklichen Rückstrom kommt, wenn also der normale Strom einen sehr geringen Wert angenommen hat. Elektromagnetisch betätigte Schalthebel lassen sich so einrichten, daß nicht nur die Ausschaltung magnetisch erfolgt, sondern auch die Einschaltung. Diese Konstruktion (Abb. 24) wird zur **Fernschaltung von Schalthebeln** verwendet, indem man Druckknöpfe durch wenige dünne Drähte mit dem Elektromagneten der Schalthebel verbindet. Dadurch, daß man in den Druckknöpfen den geringen Strom für die Elektromagnete in dem einen oder anderen Sinne einschaltet, erfolgt dann die Ein- oder Ausschaltung des Schalthebels. Statt der Druckknöpfe kann man besondere **Betätigungsschalter** (Abb. 25) verwenden. Eine besondere Form von magnetischen Schaltern sind die **Schützen** (Abb. 26), welche nicht von Hand, sondern nur durch den an anderen Stellen geschlossenen oder geöffneten Magnet-



Abb. 23. Minimalautomat.

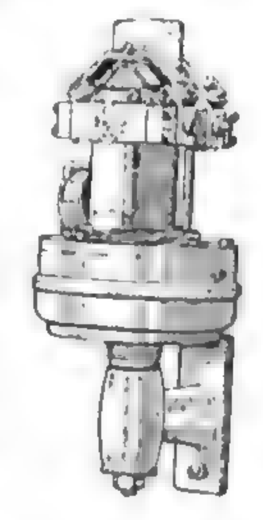


Abb. 24. Fernschalter (Kappe abgenommen).

stromkreis betätigt werden können. Sie werden in der Hauptsache bei der Schaltung von Motoren, bei Schaltwalzenanlassern, Aufzugsteuerungen und dergl. verwendet und können gleichzeitig als Maximalausschalter wie zum Ausschalten bei Ausbleiben der Spannung (Nullspannungsauslösung) ausgebildet werden.

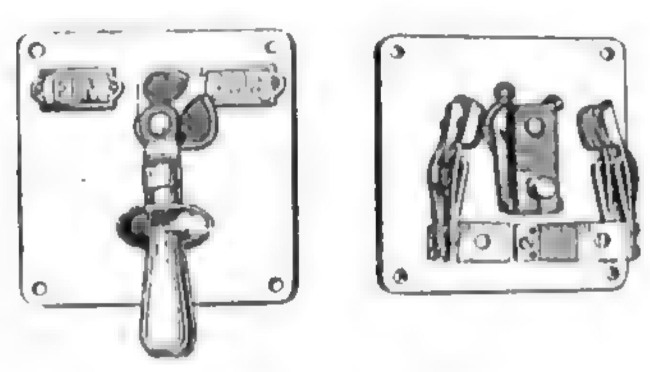


Abb. 25.
Betätigungsschalter.
Vorn Hinten

Zu den häufigsten Schaltungen, welche mit Hilfe von Schaltapparaten ermöglicht werden, gehören **Hintereinanderschaltung** und **Parallelschaltung**. Beide finden ganz allgemein für alle elektrischen Apparate und Leitungen Anwendung; der Einfachheit wegen sei ihr Wesen hier an Gleichstrom-Dynamomaschinen erklärt. Die **Hintereinanderschaltung** besteht darin, daß ein Pol einer Dynamomaschine mit dem entgegengesetzten Pol einer zweiten Maschine verbunden wird, der zweite Pol dieser Maschine wieder mit dem entgegengesetzten einer dritten verbunden wird usw. In dieser Schaltung (Abb. 27) werden sich die Spannungen der Maschinen addieren, so daß die Gesamtspannung gleich der Summe der Einzelspannungen ist. Die Stromstärke, welche derart hintereinandergeschaltete Maschinen durchläuft, ist natürlich im ganzen Stromkreis die gleiche. Diese Schaltung findet bei Dynamos verhältnismäßig selten Anwendung, in der Regel nur bei Zusatzdynamos. Sie ist dagegen stets bei Akkumulatorenelementen, Bogenlampen usw. anzutreffen. Die **Parallelschaltung** findet sich fast in jeder Stromerzeugungsanlage, da man häufig aus Sicherheitsgründen die gesamte Leistung auf zwei oder mehr Dynamos oder eine Dynamo mit Batterie verteilt. Die Parallelschaltung besteht darin, daß alle gleichnamigen Pole mehrerer Stromquellen miteinander verbunden werden (Abb. 28). Hierbei addieren sich die Stromstärken, so daß die gesamte Stromstärke gleich der Summe der Einzelstromstärken ist. Die Spannung von parallelgeschalteten Stromquellen muß dagegen gleich sein.

Abb. 26. Schütz (Kappe abgenommen).

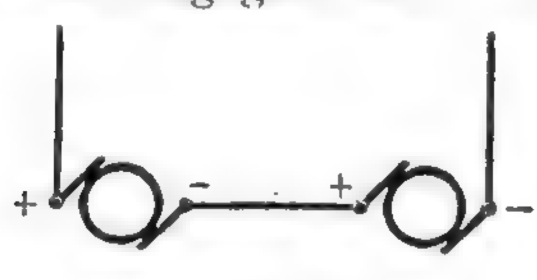


Abb. 27.
Hintereinanderschaltung.

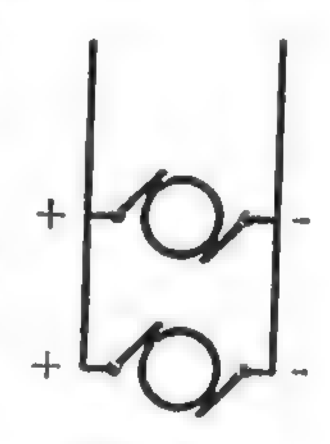


Abb. 28.
Parallelschaltung.

Um zwei Gleichstromdynamomaschinen (oder eine Dynamo und eine Batterie) parallel zu schalten, ist daher nichts weiter nötig, als vor dem Zusammenschalten durch Verstellung der Nebenschlußregulatoren beide Maschinen auf die gleiche Spannung zu bringen. Bei Drehstrom dagegen ist die Parallelschaltung weit weniger einfach. Die beiden Maschinen müssen außer der gleichen Spannung genau gleiche Frequenz zeigen und müssen im Augenblick des Zusammenschaltens auch **Phasengleichheit** aufweisen, d. h. die Wellen der Spannungen beider Maschinen müssen genau gleichzeitig ihren gleichnamigen maximalen Wert und ihren Nullwert besitzen. Von diesen drei für die Parallelschaltung erforderlichen Bedingungen wird die Spannungsgleichheit ebenfalls durch den Magnet- und Nebenschlußregulator hergestellt. Die Frequenz ist allein abhängig von der Umdrehungszahl der Dynamos

und kann daher nur durch Veränderung der Geschwindigkeit der Antriebsmaschine eingestellt und an einem **Frequenzmesser** abgelesen werden. Zur Feststellung der Phasengleichheit benutzt man **Phasenvergleicher (Phasenlampen, Phasenvoltmeter).** Diese ermöglichen eine Beobachtung der Differenz der beiden in ihren Phasen zu vergleichenden Spannungen. Phasenglühlampen, welche von dieser Differenzspannung gespeist werden, müssen also aufleuchten und wieder dunkel werden. In der Regel sind sie so geschaltet, daß beim völligen Erlöschen Phasengleichheit herrscht. In ähnlicher Weise dienen Phasenvoltmeter zur gleichen Beobachtung, indem ihre Zeiger bei Phasenungleichheit hin- und herpendeln, bei Phasengleichheit dagegen zur Ruhe kommen. Da die Erfüllung aller drei Bedingungen, hauptsächlich derjenigen der Phasengleichheit, meist nur auf kurze Zeit einzuhalten möglich ist, muß das Parallelschalten genau in dem Augenblick erfolgen, in welchem alle drei Forderungen erfüllt sind. Zur Veränderung der Geschwindigkeit, und damit zur Einstellung der Frequenz und der Phasengleichheit mehrerer Drehstromdynamos muß jede Antriebsmaschine eine Tourenverstellvorrichtung besitzen.

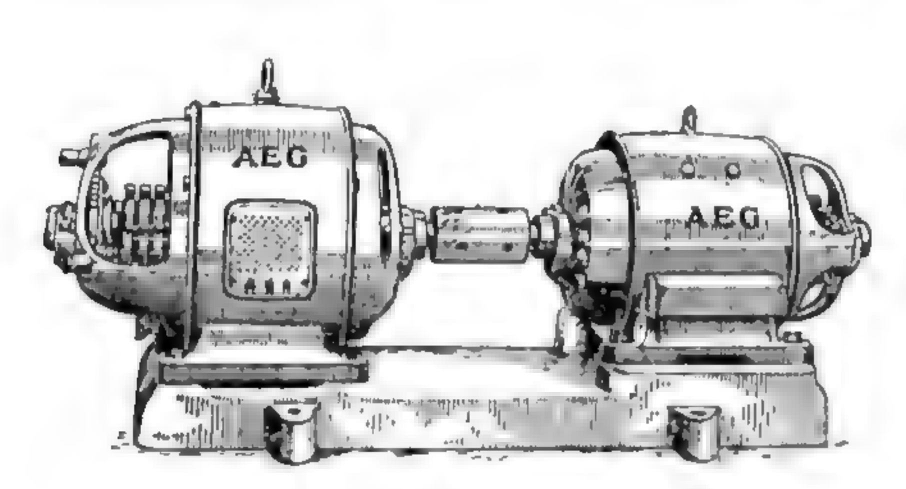


Abb. 29. Motorgenerator.

Damit der elektrische Strom nicht von seiner ihm gegebenen Bahn abweicht, muß der stromführende Leiter von seiner Umgebung, hauptsächlich von anderen Leitern, elektrisch getrennt, d. h. **isoliert** sein. Zu diesem Zweck werden alle Leiter mit isolierenden Stoffen umgeben oder von isolierenden Körpern getragen. Um zu kontrollieren, ob die **Isolation** eines Leiters in Ordnung ist, muß man den Widerstand messen, welchen die isolierenden Körper dem Entweichen des Stromes entgegensetzen **(Isolationswiderstand).** Man unterscheidet den Isolationswiderstand zwischen den Leitern verschiedener Polarität in einer Anlage und den Isolationswiderstand aller Leiter gegen die Erde (oder mit dieser in leitender Berührung stehender Körper). Wenn der Isolationswiderstand „gegeneinander" sehr klein wird, so entsteht Kurzschluß; wenn der Isolationswiderstand gegen Erde sehr gering wird, so spricht man von **„Erdschluß".** Zur Messung von Isolationswiderständen benutzt man **Isolationsprüfer (Isolationsmesser, Erdschlußprüfer),** welche in der Regel darauf beruhen, daß die Spannung der Leiter gegen ihre Umgebung oder gegen Erde gemessen wird. (Näheres siehe unter Isolationsmessung).

Alle für eine elektrische Stromerzeugungsanlage notwendigen Meßinstrumente, Schalt- und Sicherungsapparate, Regulatoren, Zellenschalter, Phasenvergleicher, Isolationsmesser usw., werden in der Regel zu **Schalttafeln (Schaltbrettern, Schaltwänden)** vereinigt. Sie bestehen meist aus Marmortafeln, welche die Apparate und ihre Verbindungen tragen.

Um Gleichstrom in Wechselstrom oder Drehstrom umzuwandeln (oder umgekehrt), muß man einen Elektromotor mit der vorhandenen Stromart speisen und von ihm eine Dynamo für den zu erzeugenden Strom antreiben lassen. Die beiden Maschinen werden meist direkt

gekuppelt. Derartige **Umformer** zur Umwandlung einer Stromart in eine andere heißen **Motorgeneratoren** (Abb. 29). Während bei Motorgeneratoren zwei vollkommen getrennte Maschinen zur Verwendung kommen, welche jede ihre eigenen Feldmagnete besitzt, kann man die Anordnung auch so treffen, daß nur ein System von Feldmagneten benutzt wird, und der in diesem laufende Anker für beide Stromarten dient **(Einankerumformer)** (Abb. 30). Die Spannungen, unter denen der Strom einem Einankerumformer zugeführt und von ihm abgenommen wird, stehen in einem bestimmten Verhältnis zueinander, und zwar verhalten sich die Spannungen von Gleichstrom zu Drehstrom etwa wie 1 : 0,615 (bis 0,66). Da dies Verhältnis in der Regel nicht ohne weiteres vorhanden ist, muß auf der Drehstromseite ein Transformator eingeschaltet werden. Soll die erzeugte Spannung in weiten Grenzen verändert werden, so ist außerdem ein **Drehtransformator (Potentialregler)** erforderlich, welcher die Drehstromspannung in beliebig feinen Stufen zu regulieren erlaubt. Für den besonderen Zweck der Umwandlung von Wechsel- oder Drehstrom in Gleichstrom gibt es außerdem Quecksilberdampf - **Gleichrichter**; sie enthalten bei kleineren Leistungen luftleere Glasbehälter, bei größeren Eisenbehälter, in denen zwischen zwei oder drei Stromzuführungen (Elektroden) ein Quecksilberlichtbogen hergestellt wird, welcher von dem zugeführten Wechselstrom immer nur die in gleicher Richtung fließende halbe Periode durchläßt, die andere Hälfte der Periode aber nicht durchläßt. Sie bedürfen keiner fortlaufenden Bedienung und haben keine beweglichen Teile.

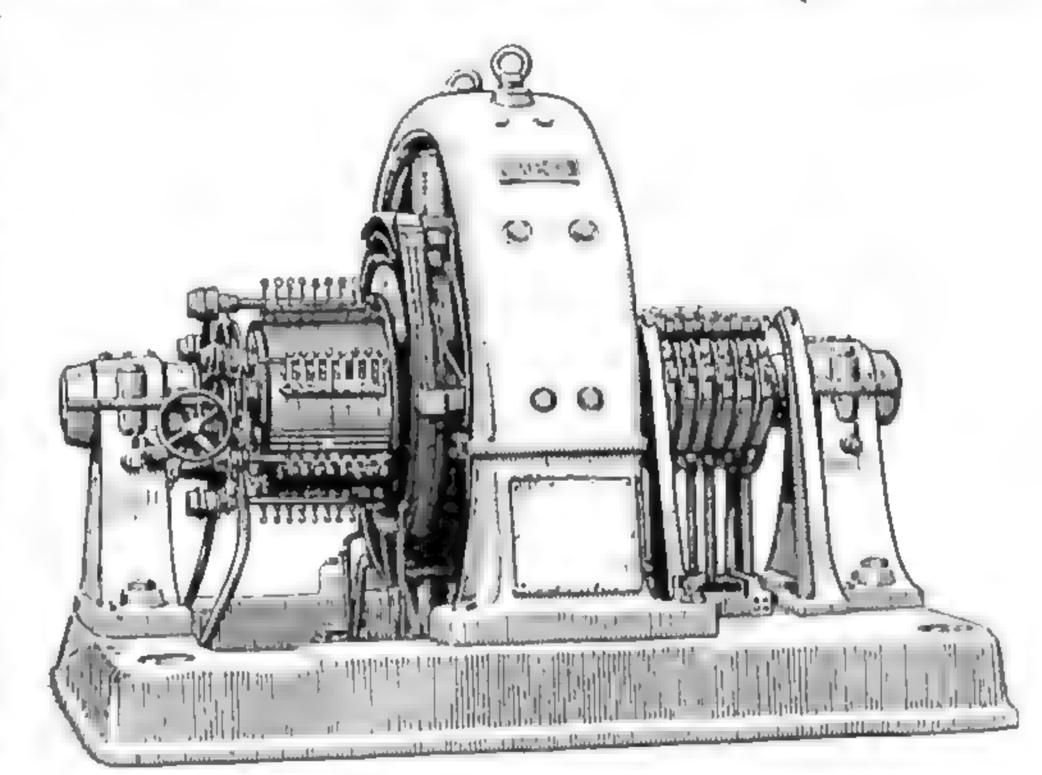


Abb. 30. Einankerumformer.

Zur Umwandlung von Dreh- oder Wechselstrom einer Spannung in eine andere verwendet man ruhende Apparate. Derartige **Transformatoren** besitzen zwei auf Eisenkerne aufgezogene Systeme von Drahtwicklungen. Durch das eine System **(Primärwicklung)** wird der zugeführte Dreh- oder Wechselstrom hindurchgeleitet; er erzeugt in dem zweiten System von Drahtwicklungen **(Sekundärwicklung),** lediglich durch Induktion, wieder Dreh- oder Wechselstrom; die Spannung erscheint jedoch im Verhältnis der Windungszahlen von Primär- und Sekundärwicklung verändert. Das Verhältnis der zugeführten zur erzeugten Spannung (Primär- und Sekundärspannung) heißt das **Uebersetzungsverhältnis** des Transformators. Man kann die Wicklungen eines Transformators in ihrem Verlauf mit **Anzapfungen** versehen, so daß man außer der Spannung an den Enden der Wicklungen auch beliebige Teilspannungen abnehmen kann. Während für ganz kleine Leistungen und niedrigere Spannungen die Transformatoren offen montiert werden, stellt man dieselben für alle

größeren Leistungen und höhere Spannungen in einen mit Oel gefüllten Kasten. (Näheres in der Preisliste.)

Die Stärke eines Drahtes zur Fortleitung elektrischen Stromes richtet sich in erster Linie nach der Stromstärke, welche er führen soll. Die Leistung in Watt, welche er überträgt, ist also um so größer, je höher die Spannung des betreffenden Stromes ist. Um daher mit möglichst dünnem Draht möglichst große Leistungen zu übertragen, muß man die Spannung möglichst hoch wählen. Da dies bei Dreh- und Wechselstrom mit Hilfe von Transformatoren sehr viel leichter möglich ist als bei Gleichstrom, so wird für die Uebertragung auf große Entfernungen und für große Leistungen ausschließlich Dreh- und Wechselstrom verwendet. Die Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker teilen die Spannungen der Größe nach in **Niederspannung** und **Hochspannung.** Erstere umfaßt alle Spannungen bis zu 250 Volt (Ausnahme siehe Gleichstrom-Dreileiter- und Drehstrom-Vierleitersystem). Alle Spannungen über 250 Volt gelten als Hochspannung und werden heute bereits bis zu 100 000 Volt praktisch verwendet. Um Ströme von mehr als 1000 Volt zu schalten, bedarf es besonderer Schalter, bei welchen die Stromunterbrechung unter Oel erfolgt **(Oelschalter).** Diese werden ebenso wie offene Schalthebel mit Höchststromauslösung, Rückstromausschaltung und Fernbetätigung versehen. Da alle Hochspannungsströme lebensgefährlich sind und man an den verschlossenen Oelschaltern die Unterbrechung nicht unmittelbar beobachten kann, ordnet man vor jedem Oelschalter einen offenen **Trennschalter** an, der eine sichtbare Trennstelle bildet, die nicht zur Stromunterbrechung geeignet ist, sondern erst betätigt werden darf, wenn der Oelschalter den Strom unterbrochen hat. (Näheres in der Preisliste.)



Abb. 31. Zweileitersystem.

Bei Gleichstrom gebraucht man im allgemeinen zwei Drähte zur Hin- und Rückleitung des Stromes **(Zweileitersystem).** Erstere wird an den positiven, letztere an den negativen Pol angeschlossen (Abb. 31).



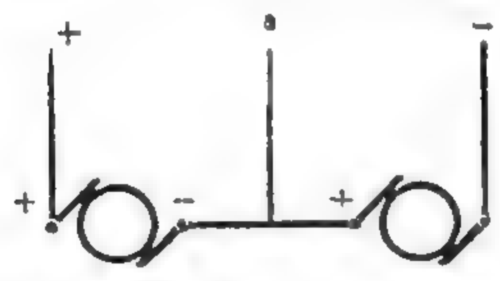


Abb. 32. Dreileitersystem.

Um jedoch größere Entfernungen zu überwinden, andererseits aber die Gebrauchsspannung für Lampen und Kleinmotoren nicht zu erhöhen, kann man zwei Zweileitersysteme derart hintereinander schalten, daß sie den mittleren Leiter **(Mittelleiter, Nulleiter)** gemeinsam benutzen **(Dreileitersystem)** (Abb. 32). Der Nulleiter von Dreileitersystemen muß mit der Erde verbunden **(geerdet)** werden. Dreileitersysteme, deren Spannung zwischen den Außenleitern zwar über 250 Volt liegt, bei welchen jedoch die Spannung zwischen einem Außenleiter und dem geerdeten Nulleiter unterhalb von 250 Volt liegt, gelten nach Verbandsvorschriften als Niederspannungsanlagen. Die Speisung von Dreileiteranlagen wurde ursprünglich dadurch vorgenommen, daß man zwei Dynamomaschinen hintereinander schaltete und von der Verbindungsleitung zwischen beiden Maschinen den Nulleiter abzweigte. Der **Spannungsteiler** der AEG ermöglicht jedoch die Verwendung nur einer Dynamo für die gesamte Spannung (Außenleiterspannung), während der Nulleiter in den Spannungsteiler geführt wird. Dieser ist ein ruhender Apparat nach Art der Transformatoren und

ist außer mit dem Nulleiter durch zwei Schleifringe auf der Dynamomaschine mit der Ankerwicklung verbunden (Abb. 33).

Bei Drehstrom benötigt man 3 Leitungen, zwischen denen die Hauptspannung herrscht und an welche Drehstrommotoren mit allen 3 Leitungen angeschlossen werden. Um auch hier größere Entfernungen zu überwinden, ohne die Spannung für die Lampen zu erhöhen, ordnet man ebenfalls einen Nulleiter an, welcher an den Sternpunkt (Nullpunkt) des Drehstromgenerators oder Transformators angeschlossen wird. Dieser Nulleiter des **Drehstrom-Vierleitersystems** wird ebenfalls geerdet und alle Lampen mit einem Draht an ihn, mit dem anderen Draht an eine der 3 Hauptleitungen (Phasenleitungen, Phasen) angeschlossen. Hat man nur wenige Lampen anzuschließen, so genügt häufig die Zuführung einer oder zweier Phasenleitungen und des Nulleiters. Die Gebrauchsspannung der Motoren ist hier 1,73 mal so groß als die der Lampen.

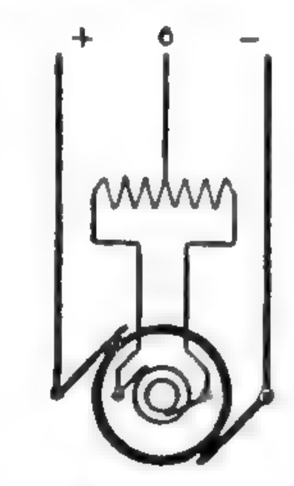


Abb. 33. Dreileiterdynamo.

Die Fortleitung des elektrischen Stromes erfolgt im allgemeinen durch **Kupferdraht,** da dieses Material, abgesehen von den Edelmetallen, dem Stromdurchgang den geringsten Widerstand entgegensetzt, also die größte **Leitfähigkeit** besitzt. Da jedoch auch Kupfer noch einen nennenswerten Widerstand hat, wird bei der Fortleitung stets ein Teil der Energie vernichtet. **(Energieverlust, Spannungsverlust.)** Die Benennung der Drahtstärken erfolgt mit Rücksicht auf die vielfach verwendeten Seile und Profildrähte nach der Größe der Kupferquerschnitte. Die Auswahl der Leitungsquerschnitte hat nach drei Gesichtspunkten zu erfolgen:

1. Mit Rücksicht auf die mechanische Festigkeit des Kupferdrahtes.
2. Mit Rücksicht auf die Erwärmung des Kupferdrahtes durch den Strom.
3. Mit Rücksicht auf den Spannungsverlust.

Näheres in den Tabellen.

Bei ausgedehnteren Netzen, insbesondere bei Leitungsnetzen in den Städten, würde der übliche Spannungsverlust von einigen Prozent außerordentlich große Querschnitte der Leitungen bedingen. Man ordnet hier daher besondere **Speisepunkte** an, welche durch unverzweigte, unmittelbar nach der Zentralstation führende **Speiseleitungen** ihren Strom erhalten. Diese Speiseleitungen bemißt man dann mit einem Spannungsverlust bis zu 10% der Betriebsspannung und sorgt dafür, daß die Spannung an den Enden der Speiseleitungen, den Speisepunkten, also nicht in der Zentrale, konstant gehalten wird. Auf diese Weise kann dann an den von Speisepunkten ausgehenden **Verteilungsleitungen** ein weiterer Spannungsverlust von etwa 3% zugelassen werden. Um die Spannung an den Speisepunkten konstant halten zu können, muß man sie in der Zentralstation beobachten. Zu diesem Zweck werden besondere dünne Leitungen **(Meßleitungen** oder **Prüfdrähte)** von allen Speisepunkten nach der Zentralstation zurückgeführt.

Je nach der Art der Ausführung unterscheiden die Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker folgende **Drahtsorten,** für welche besondere Normalien über die genauen Konstruktionen Geltung haben.

Blanke Leitungen (Leitungen, die nur gegen chemische Einflüsse geschützt sind, werden den blanken Leitungen gleichgestellt.)

Isolierte Leitungen und zwar:

I. Leitungen für feste Verlegung:

Gummiisolierte Leitungen, Bezeichnung KGC (mit geringerem Gummigehalt) für Niederspannungsanlagen, NGA (mit höherem Gummigehalt) für Spannungen bis 750 Volt.

Leitungen mit imprägnierter Papierisolierung, für geerdete oder Nulleitungen. Bezeichnung CSW.

Manteldrähte, für Niederspannungsanlagen, zur erkennbaren Verlegung, welche es ermöglicht, den Leitungsverlauf ohne Aufreißen der Wände zu verfolgen. Bezeichnung CMS.

Panzeradern, nur zur festen Verlegung für Spannungen bis 1000 Volt. Bezeichnung NPA.

II. Leitungen für Beleuchtungskörper:

Fassungsadern, zur Installation nur in und an Beleuchtungskörpern in Niederspannungsanlagen. Bezeichnung NFA.

Pendelschnüre, zur Installation von Schnurzugpendeln in Niederspannungsanlagen. Bezeichnung NPL.

III. Leitungen zum Anschluß ortsveränderlicher Stromverbraucher:

Gummiaderschnüre (Zimmerschnüre), für geringe mechanische Beanspruchung in trockenen Wohnräumen in Niederspannungsanlagen. Bezeichnung ASC (mit geringerem Gummigehalt), NSA (mit höherem Gummigehalt).

Werkstattschnüre für Niederspannungsanlagen in Werkstätten und Wirtschaftsräumen, leichte Ausführung (für Handlampen), Bezeichnung NHH (mit Baumwolle umklöppelt) bzw. NHK (mit Hanfkordel umklöppelt); für mittlere mechanische Beanspruchung: Bezeichnung NWK; für grobe Betriebe: Bandpanzerkabel.

IV. Bleikabel:

Gummi-Bleikabel.

Papier- oder Faserstoff-Bleikabel.

Einleiter-Gleichstrom-Bleikabel mit und ohne Prüfdraht bis 750 Volt.

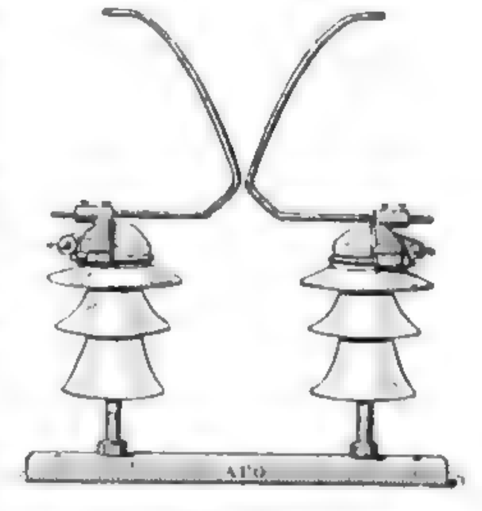
Konzentrische u. verseilte Mehrleiter-Bleikabel mit und ohne Prüfdraht.

Von den isolierten Leitungen für feste Verlegung werden Manteldrähte und Panzeradern ohne weiteres auf Wänden und anderen Gebäudeteilen verlegt. Gummiisolierte Leitungen und solche mit imprägnierter Papierisolierung dagegen werden entweder **offen verlegt,** d. h. auf **Porzellanrollen** mit kleinen Abständen oder auf **Porzellanglocken** mit größeren Abständen, an welche jeder Draht mit Bindedraht oder anderen geeigneten Mitteln angebunden wird. **Porzellanklemmen** entsprechen den Porzellanrollen, ersparen aber die Bindestelle. Oder die Leitungen werden in Rohr verlegt, und zwar in **Hartgummirohr** nur in der Wand **(unter Putz)** oder in **Isolierrohr (Papierrohr)** sowohl unter Putz als auch auf Putz (auf der Wand). Das Papierrohr besitzt einen **Metallmantel** aus **Messing** oder **verbleitem Eisen** und wird aus einzelnen Stücken zusammengesteckt oder es hat einen starken Eisenmantel **(Stahlpanzer)**, welcher Gewinde nach Art der Gasrohre besitzt und mit Muffen zusammengeschraubt wird, so daß sich ein wasser- und gasdichter Abschluß bildet.

Um die mit längeren Freileitungen in Verbindung stehenden Installationen gegen Beschädigungen durch atmosphärische Entladungen (Gewitter) zu schützen, ist es notwendig, den örtlichen Verhältnissen entsprechend, **Blitzschutzvorrichtungen** anzuordnen. Im allgemeinen bestehen dieselben aus einer Funkenstrecke, d. h. der stromführende Draht wird zu

einem Metallkörper geführt, welcher in geringem Abstand von einem zweiten ähnlichen Metallkörper angebracht ist, der seinerseits mit der Erde leitend verbunden ist. Wird durch die Einwirkung der Luftelektrizität die Spannung stark erhöht, so springt ein Funken über den kleinen Luftzwischenraum über, so daß eine Ableitung zur Erde eintritt. Für Spannungen bis 2000 Volt Gleichstrom und 500 Volt Wechselstrom genügen Blitzableiter, welche in einem viereckigen Porzellankasten die Funkenstrecke und einen in die Erdleitung eingeschalteten Widerstand enthalten. Der Widerstand ist notwendig, damit bei gleichzeitigem Funktionieren der Blitzableiter an verschiedenen Polen kein voller Kurzschluß eintritt. Für höhere Spannungen werden **Hörnerblitzableiter** (Abb. 34) verwandt, bei denen eine Funkenstrecke zwischen zwei hörnerartigen Kupferdrähten gebildet wird.

Bei Wechsel- und Drehstromanlagen, insbesondere bei Hochspannung, können Spannungserhöhungen auftreten, auch ohne daß atmosphärische Entladung die Ursache wäre. Um derartige Ueberspannungen, welche am Ende einer Leitung unter Umständen ein Mehrfaches der Betriebsspannung annehmen können, unschädlich zu machen, werden an solchen Punkten **Ueberspannungssicherungen** eingebaut, welche im Prinzip den Blitzschutzvorrichtungen entsprechen und im wesentlichen aus einer Funkenstrecke bestehen. Eine besondere Art sind die **Durchschlagsicherungen,** welche auf der Niederspannungsseite von Transformatoren angebracht und an dem Nullpunkt angeschlossen werden, um den Strom zur Erde abzuleiten, wenn Hochspannungsstrom in die Niederspannungswicklung geraten sollte. Solche Durchschlagssicherungen sind einfache Porzellansicherungen mit einem Schraubstöpsel, welcher eine kleine Funkenstrecke bildet.


Abb. 34. Hörnerblitzableiter.

Ebenso wie die Dynamomaschinen müssen auch alle Leitungen je nach ihrem Querschnitt mit **Sicherungen** versehen werden. (Ueber die Stärke der Sicherungen enthalten die Tabellen Näheres). Man unterscheidet offene Sicherungen **(Streifensicherungen)** und geschlossene Sicherungen **(Stöpsel, Patronen).** Die offenen Sicherungen besitzen als Schmelzeinsätze einen einzelnen oder eine Anzahl parallel geschalteter Silberdrähte mit entsprechenden Kontaktstücken. Bei den geschlossenen Sicherungen sind die Silberdrähte von einem Porzellankörper umgeben, welcher vollkommen geschlossen ist und ein Füllmaterial enthält, welches beim Abschmelzen die Unterbrechung des Stromlaufes unterstützt. Sicherungen mit eingeschlossenen Schmelzeinsätzen für Stromstärken bis 60 Amp. sollen den in den Normalien des Verbandes Deutscher Elektrotechniker ausführlich festgelegten Bestimmungen genügen. Da dies eine genaue Kenntnis der verschiedenen Einflüsse und der Art der Herstellung bedingt, ist dringend davon abzuraten, Stöpselsicherungen selbst mit neuen Schmelzdrähten zu versehen, wenn diese schon einmal durchgebrannt sind. Nur bei Ausführung von Stöpselreparaturen in der Fabrik des Herstellers ist eine genügende Sicherheit für die Einhaltung der Vorschriften und für gutes Funktionieren gegeben. Geschlossene Schmelzeinsätze sollen unverwechselbar sein, so daß nicht zufällig zu starke Sicherungen eingesetzt werden können. Dies wird

dadurch erreicht, daß die Füße der Stöpsel verschieden stark sind (Durchmesserunterschiede) und in die Sicherungen **Kontaktschrauben (Kontaktplatten, Paßschrauben, Fußkontakte)** eingesetzt werden, welche entsprechende Bohrungen haben. So wird also ein stärkerer Stöpsel in die Bohrung einer schwächeren Kontaktschraube nicht hineingehen. Das bisher allgemein gebräuchliche System mit Höhenunterschieden der Stöpsel und Kontaktschrauben soll verlassen werden.

Sicherungen sollen nach den Verbandsvorschriften möglichst zentralisiert werden. Dies geschieht zweckmäßig dadurch, daß dieselben auf **Verteilungsschalttafeln** vereinigt werden. Von derartigen Verteilungszentralen aus wird der Strom durch Verteilungsleitungen den einzelnen Stromverbrauchern zur Nutzbarmachung als mechanische Arbeit (Elektromotor), Licht (Glühlampen, Bogenlampen) oder Wärme (Heiz- und Kochapparate) zugeführt.

Elektromotoren für Gleichstrom sind eine direkte Umkehrung der Dynamomaschinen, und im allgemeinen lassen sich dieselben Maschinen für beide Zwecke benutzen.

Ebenso wie bei Dynamomaschinen unterscheidet man auch bei Gleichstrom-Elektromotoren:

Nebenschlußmotoren (Abb. 6), deren Tourenzahl mit zunehmender Belastung sehr wenig sinkt; sie kommen daher in den meisten Fällen zur Verwendung.

Hauptstrommotoren (Abb. 7), deren Tourenzahl bei Zunahme der Belastung sinkt. Derartige Motoren würden also bei geringer Last sehr schnell laufen; wird die Last gleich Null, so würde die Tourenzahl theoretisch unendlich groß werden, d. h. der Anker würde durch die Zentrifugalkraft bei einer sehr hohen Geschwindigkeit auseinanderfliegen. Um dieses „Durchgehen“ von Hauptstrommotoren zu verhindern, muß entweder das Verschwinden der Belastung verhindert werden oder es müssen Vorrichtungen getroffen werden, welche bei allzu hoher Geschwindigkeit den Strom selbsttätig unterbrechen. Man verwendet daher Hauptstrommotoren im wesentlichen dort, wo die Last nicht verschwinden kann (z. B. bei elektrischen Bahnen), und wo gleichzeitig eine große Anzugskraft notwendig ist.

Compoundmotoren (Abb. 8), bei denen die Abhängigkeit der Tourenzahl von der Belastung zwischen derjenigen von Nebenschluß- und Hauptstrommotoren liegt. Die Tourenzahl steigt bei sinkender Belastung je nach Größe der gewählten Kompoundierung. Ein Durchgehen ist nicht möglich.

Die Leistung eines Motors wurde bisher in **Pferdestärken** (PS) gemessen. Neuerdings ist man dazu übergegangen, auch für die mechanische Leistung (wie für die elektrische) das Kilowatt zugrunde zu legen. 1 PS ist gleich 0,736 kW. Diese abgegebene mechanische Leistung des Motors ist nicht zu verwechseln mit der aufgenommenen elektrischen Leistung, welche er erst in mechanische umwandelt.

Die aufgenommene Leistung ist naturgemäß um die bei der Umwandlung entstehenden Wärme- und Reibungsverluste größer. Das Verhältnis von abgegebener zu aufgenommener Leistung ist der **Wirkungsgrad** des Motors.

$$\eta \text{ (Wirkungsgrad)} = \frac{\text{abgegebene Leistung in kW}}{\text{aufgenommene Leistung in kW}}$$

Jede elektrische Maschine besitzt ein **Leistungsschild** (Abb. 35), auf welchem seine Leistung, sein Stromverbrauch, die Betriebsspannung und die Umdrehungszahl vermerkt sein muß.

Befindet sich der Anker eines Gleichstrom-Elektromotors in Ruhe, und schickt man durch diesen Anker einen Strom, so würde der Strom infolge des geringen Widerstandes im Anker sehr große Werte annehmen, die erst geringer werden, wenn der Anker in schnellere Bewegung gekommen ist. Um diese hohe Anlaufstromstärke nach Möglichkeit zu verringern, muß daher vor jeden Elektromotor während des Anlaufes ein Widerstand geschaltet werden **(Anlaßwiderstand)** (Abb. 36 u. 37), welcher mit zunehmender Geschwindigkeit des Ankers allmählich ausgeschaltet wird. Da derartige **Anlasser** nur ganz kurze Zeit vom Strom durchflossen werden, sind sie auch nur so stark bemessen, daß sie während dieser kurzen Zeit keine gefährliche Erwärmung aufweisen. Es ist daher unzulässig, Anlaßwiderstände ohne weiteres für dauernden Stromdurchgang zu benutzen.

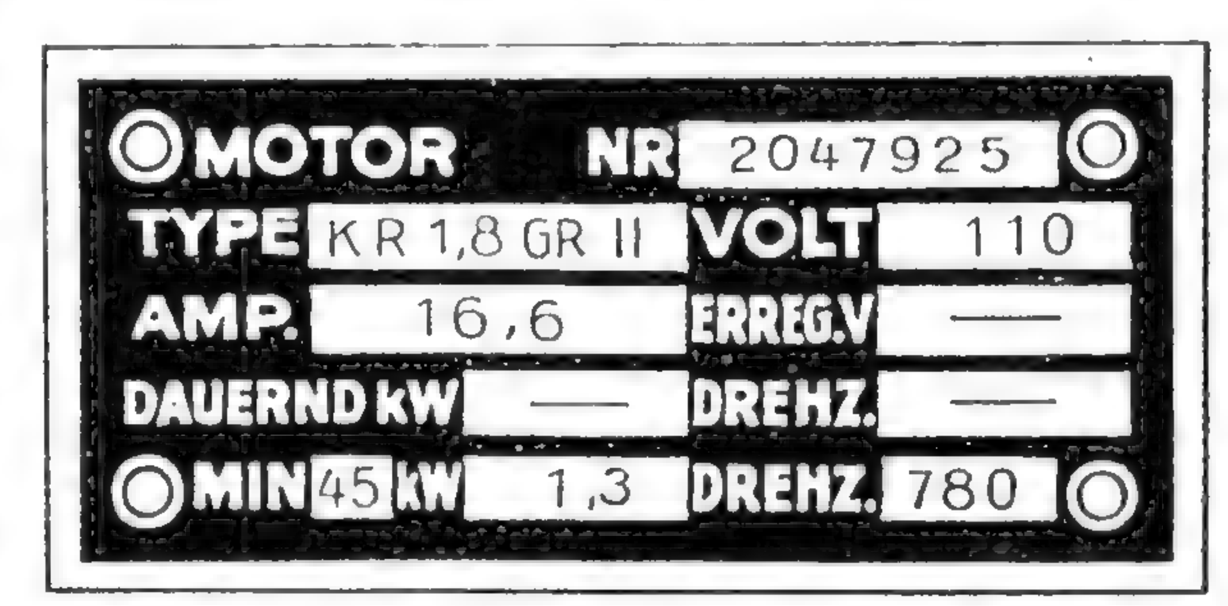


Abb. 35. Leistungsschild eines Gleichstrommotors für aussetzende Betriebe (Krane u. dergl.).

Um die Umdrehungszahl bei Nebenschlußmotoren zu verändern, gibt es zwei Wege. Man schaltet einen für dauernden Stromdurchgang bemessenen Widerstand in den Stromkreis des Ankers, so daß diesem nur eine verminderte Spannung zugeführt wird, welche ihrerseits einen langsameren Lauf zur Folge hat. Diese **Hauptstrom- oder Ankerregulierung** kann also nur zur Herabsetzung der Tourenzahl benutzt werden, ist jedoch wenig ökonomisch, da die Leistung des Motors entsprechend herabgesetzt wird und nennenswerte Energiemengen im Widerstand vernichtet werden müssen. Es sei hierbei darauf hingewiesen, daß derartige Widerstände nur dann die verlangte Tourenverminderung herbeiführen, wenn sie vom vollen Ankerstrom durchflossen werden, d. h. wenn der Motor voll belastet ist. Bei geringerer Belastung ist auch die Tourenverminderung geringer.

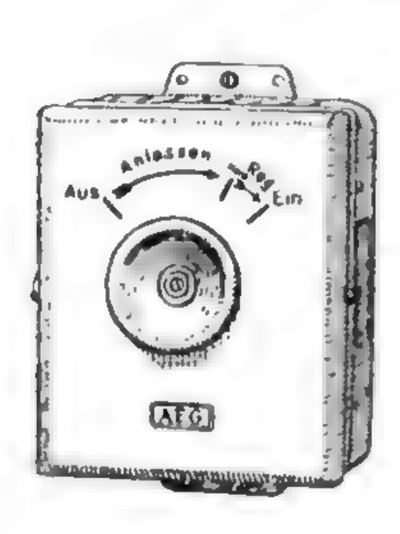


Abb. 36. Kleiner Anlasser für Regulierung (hängend).

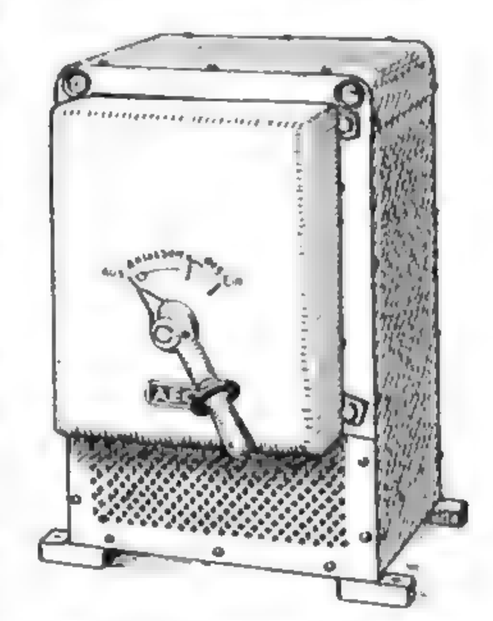


Abb. 37. Größerer Anlasser (stehend).

Der zweite Weg der Tourenregulierung besteht darin, daß man einen Widerstand in den Stromkreis der Feldmagnete schaltet. Hierdurch wird die den Magneten zugeführte Stromstärke herabgesetzt, also das magnetische Feld geschwächt. Dies hat eine Erhöhung der Umlaufs-

zahl zur Folge. Da der Strom in den Feldmagneten nur sehr gering ist, wird hierbei auch nur eine geringe Energiemenge vernichtet, ohne daß die Leistung des Motors heruntergesetzt wird. Diese **Nebenschlußregulierung** zur Erhöhung der Tourenzahl ist also sehr ökonomisch. Man war daher bestrebt, die Nebenschlußregulierung besonders weitgehend zu gestalten. **Motoren mit Hilfs- oder Wendepolen** sind hierfür besonders geeignet, da diese selbst bei sehr stark geschwächtem magnetischen Feld noch keine Funkenbildung am Kollektor zeigen.

Bei **Drehstrom** sind im Gegensatz zu Gleichstrom die gebräuchlichen **Motoren** anders geartete Maschinen als Generatoren. Der zugeführte Drehstrom wird nicht dem rotierenden Teil **(Rotor, Läufer, Anker)** (Abb. 38), sondern dem feststehenden Teil **(Stator, Ständer, Gehäuse)** (Abb. 39) zugeführt. Dieser feststehende Teil enthält drei auf den Umfang gleichmäßig verteilte Wicklungen, welche in einem Eisenring eingebettet sind, der aus dünnen Blechen aufgeschichtet ist. Die Wicklungen können entweder in **Stern- oder in Dreieckschaltung** miteinander verbunden sein (siehe Abb. 15 und 16). Und zwar ist für denselben Motor, wenn er in Stern statt in Dreieck geschaltet ist, eine Spannung erforderlich, welche das 1,73fache derjenigen bei Dreieckschaltung ist. Hierdurch kann man einen Motor für 380 Volt Stern auch für 220 Volt Dreieck, ebenso einen Motor für 220 Volt Stern auch für 125 Volt Dreieck verwenden. Solche Motoren tragen daher vielfach die Doppelbezeichnung 380/220 Volt oder 380 Volt Y. Das Leistungsschild von Drehstrommotoren muß daher neben den für Gleichstrom erforderlichen Angaben außer der Frequenz des Drehstromes auch noch die Schaltung erkennen lassen (Abb. 41).

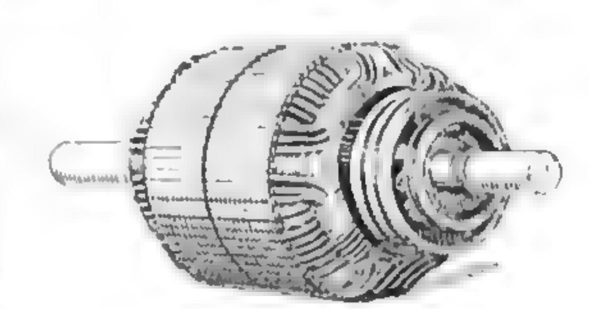


Abb. 38.
Anker eines Drehstrommotors.

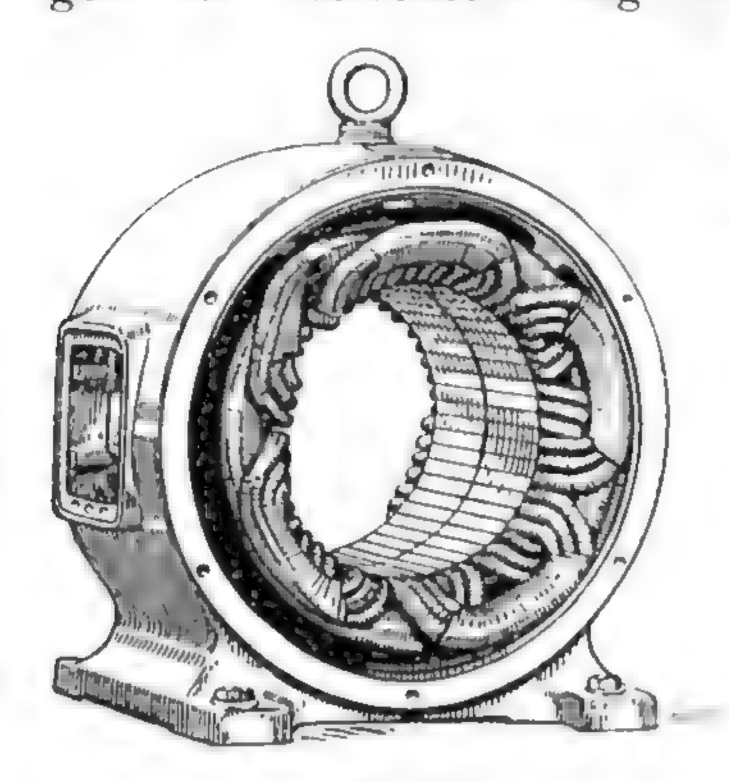


Abb. 39.
Gehäuse eines Drehstrommotors.

In den Wicklungen des rotierenden Teiles entstehen lediglich durch Induktion Ströme. Da dem Rotor also gar kein Strom zugeführt zu werden braucht, sind zunächst Bürsten und Schleifringe oder dergl. überflüssig. Den Rotor derartiger Motoren nennt man **Kurzschlußanker.** Das Einschalten eines solchen Motors kann ganz einfach dadurch geschehen, daß man durch Einlegen eines Schalthebels dem Stator Drehstrom zuführt. Hierbei entsteht ein beträchtlicher Stromstoß, welcher bis zum Fünf- und Sechsfachen des normalen Stromes anwachsen kann. Da dies mit Rücksicht auf benachbarte Stromverbraucher meist nicht erwünscht ist, kann man das Einschalten des Statorstromes bei Motoren kleinerer Leistung durch einen **Gehäuseanlaßwiderstand**, bei größeren Leistungen durch einen Anlaßtransformator allmählich vornehmen.

Eine weitere Methode, den Anlaufstrom bei Drehstrommotoren mit Kurzschlußanker herabzusetzen, besteht in der Anwendung von **Sterndreieckschaltern.** Wenn die Wicklungen des Motorgehäuses so gebaut

sind, daß sie bei ihrer Betriebsspannung im Dreieck liegen, so kann man sie vorübergehend als Anlaßschaltung in Stern schalten, was einen langsamen Anlauf und geringen Stromstoß mit sich bringt. Hiernach sind Motoren für 380 Volt Sternschaltung geeignet, mit Sterndreieckschaltern angelassen und bis 220 Volt in Dreieckschaltung betrieben zu werden.

Will man den Anlauf noch weiter verbessern, so muß man die Tourenzahl des Rotors während der Anlaufsperiode herabsetzen. Dies geschieht dadurch, daß man einen Widerstand in die Wicklungen des Rotors einschaltet. Derartige Anker enthalten drei Schleifringe, deren Bürsten mit dem Widerstand in Verbindung stehen **(Schleifringanker).** In gleicher Weise wie bei Gleichstrommotoren werden derartige **Ankeranlasser** nur für vorübergehenden Stromdurchgang gebaut, da sie nach dem Anlauf stromlos werden. Damit die Bürsten, welche ebenfalls nur während des Anlaufes gebraucht werden, nicht unnützer Abnutzung unterworfen sind, werden Schleifringanker mit Vorrichtungen versehen, die gleichzeitig die drei Schleifringe untereinander verbinden (Kurzschlußvorrichtung) und die Bürsten abheben. Derartige Schleifringanker mit **Kurzschluß- und Bürstenabhebevorrichtung** heißen **Anlaßschleifringanker.** Um die Tourenzahl von Drehstrommotoren zu regulieren, kann man lediglich Ankeranlaßwiderstände für dauernden Stromdurchgang bemessen und in beliebiger Größe in die Wicklungen des Ankers eingeschaltet lassen. Dann müssen jedoch auch die Bürsten dauernd aufliegen und für dauernden Stromdurchgang bemessen sein; eine Abhebevorrichtung ist dann unnötig. Solche Anker heißen **Regulierschleifring-Anker.** Die Regulierung, welche auf diese Weise erreicht wird, gestattet nur eine Herabsetzung der Tourenzahl; eine Erhöhung der Tourenzahl von Drehstrommotoren ist nicht möglich. — (Ueber zweckmäßige Wahl der Ankerarten enthält die Preisliste Näheres.)



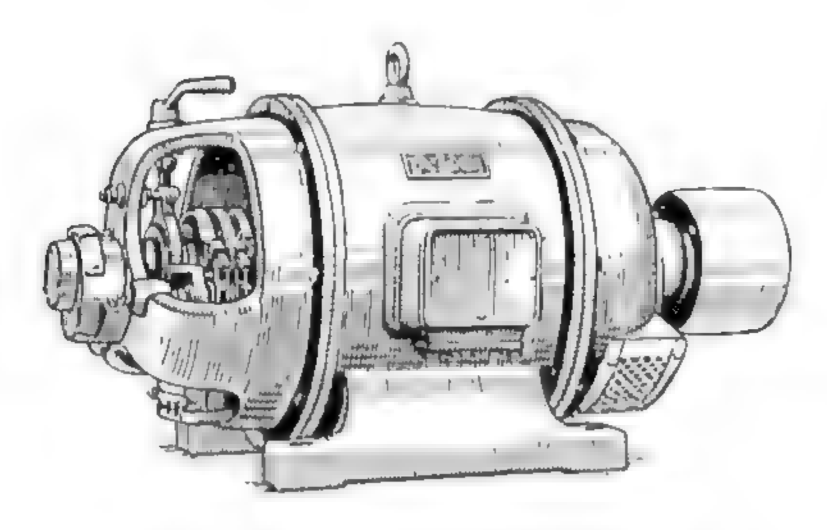
Abb. 40. Lagerbuchse m Schmierring eines Elektromotors.

MOTOR NR	2122723		
TYPE	D 60/4	FREQ.	50
VOLT	380Y	AMP.	9,1
DREHZ.	1450	ROTOR V	145/205
DAUERND kW	4,4	COS φ	0,85
MIN kW	—	COS φ	—

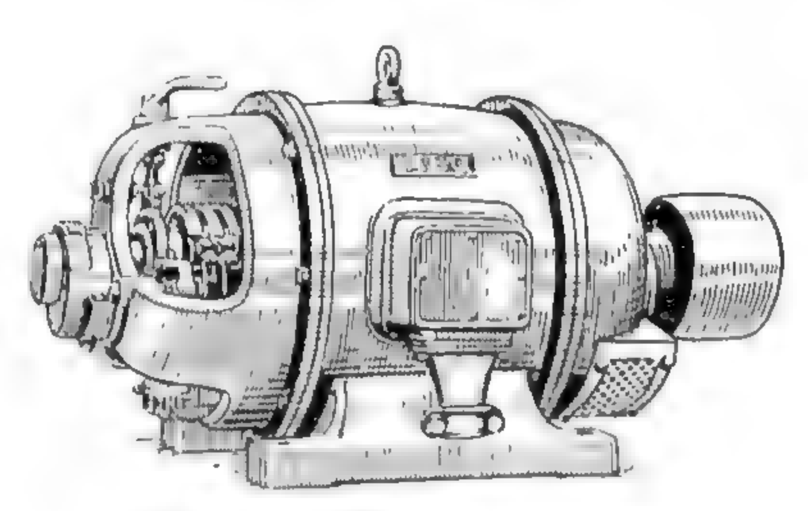
Abb. 41. Leistungsschild eines Drehstrommotors mit 2 phasig. Anker.

Um die Zahl der Umdrehungen ohne nennenswerte Verluste stark verändern zu können, baut man bei Drehstrom besondere **Drehstrom-Kollektormotoren.** Diese besitzen ein Gehäuse nach Art gewöhnlicher Drehstrommotoren, aber einen Anker, welcher einen Kollektor besitzt, wie er ähnlich bei Gleichstrommaschinen verwendet wird. Die Regulierung erfolgt durch besondere Regulierschalter oder durch die Verstellung der Bürsten.

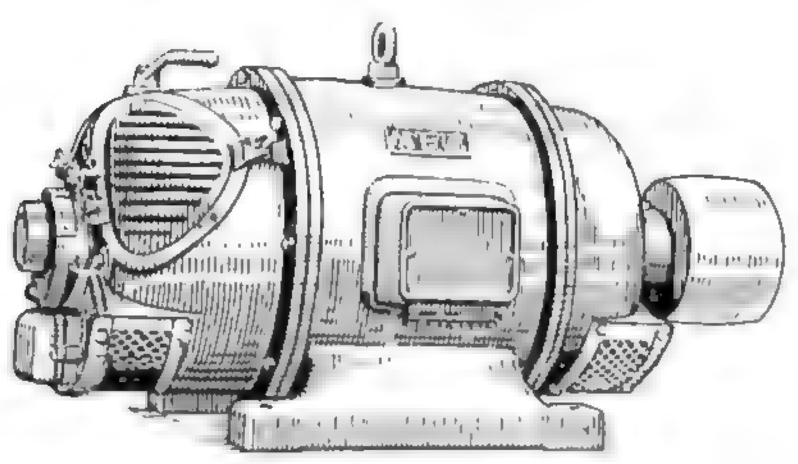
Alle Motoren können neben der offenen Ausführung, bei welcher an den Lagerschildern große Oeffnungen frei bleiben, in verschiedenen Graden **gekapselt (geschlossen)** werden. Man unterscheidet **geschützte** Motoren mit jalousieartig geschlossenen Lagerschildern, welche die Luft durchlassen, aber Tropfwasser abhalten, **geschlossene** Motoren, welche die Luft ganz abschließen, und, wenn die Lager Zirkulationsöffnungen



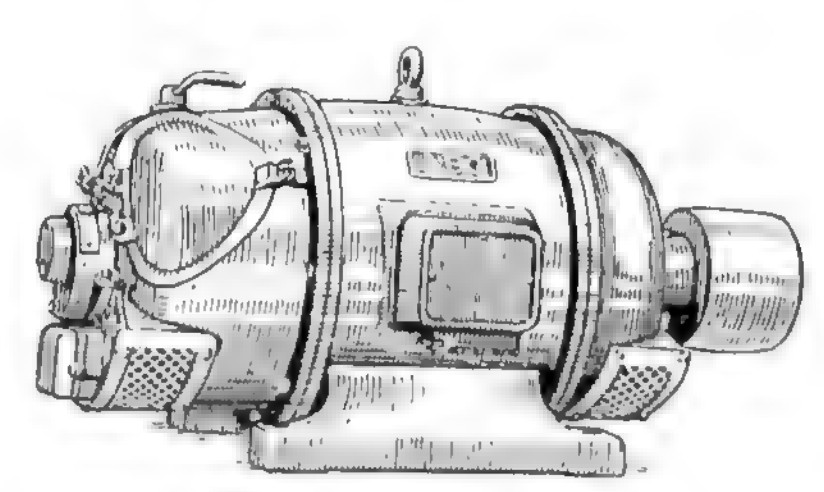
Offen, für unverseilte Einführung.



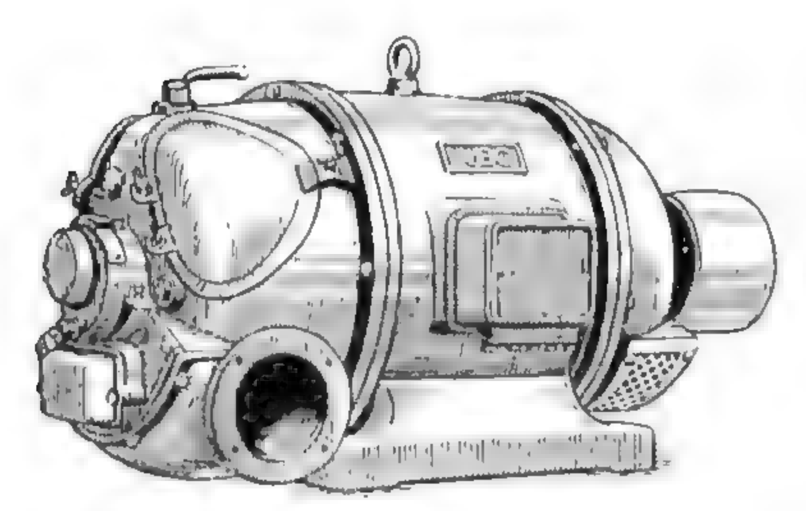
Offen, mit Kabelendverschluß.



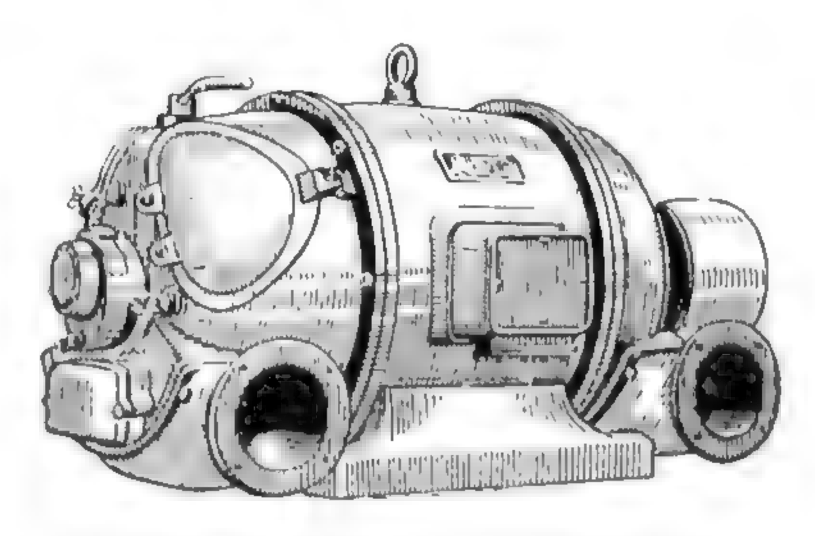
Ventiliert geschützt.



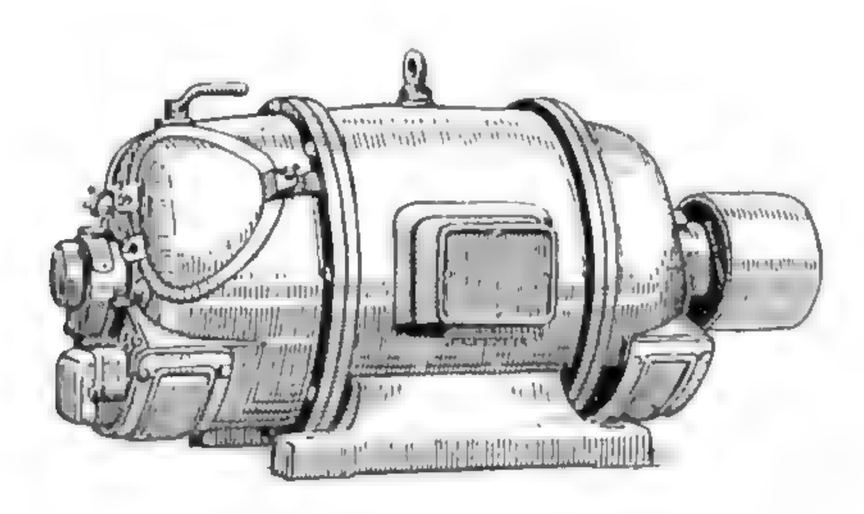
Ventiliert geschlossen.



Ventiliert geschlossen mit einseitigem Rohranschluß.



Ventiliert geschlossen, mit beiderseitigem Rohranschluß.



Geschlossen.

Abb. 42. Ausführungsformen von Drehstrommotoren.

besitzen und besondere Ventilatoren zur Luftzirkulation vorhanden sind, **ventiliert geschlossene** bzw. ventiliert geschützte Motoren. Abb. 42 zeigt auch Ausführungen von geschlossenen Motoren, welche die Luft durch Rohre zu- und abgeführt erhalten.

Die Verwendung des elektrischen Stromes zur **Erzeugung von Licht** erfolgt heute fast ausschließlich durch Glühlampen, bei denen der Strom durch einen Leiter geschickt wird, welcher so bemessen ist, daß er stark erhitzt und weißglühend wird. Die älteren Glühlampen hatten **Kohlenfäden,** werden aber wegen ihres hohen Stromverbrauches kaum noch angewandt. Neuere Lampen haben stets als Leuchtkörper **Metalldraht,** der wieder entweder als gerader Faden auf 2 sternartigen Haltern in der Lampe ausgespannt ist oder als enggewickelte Spirale nur an wenigen Punkten aufgehängt wird **(Spiraldrahtlampen).** Lampen mit Spiraldrähten werden weiterhin zur Verminderung des Stromverbrauchs mit Gasen gefüllt. Solche **gasgefüllten Metalldrahtlampen (Nitralampen)** bieten bei der heute meist üblichen Spannung von 220 Volt nur von 50 Kerzen aufwärts einen wirtschaftlichen Nutzen.

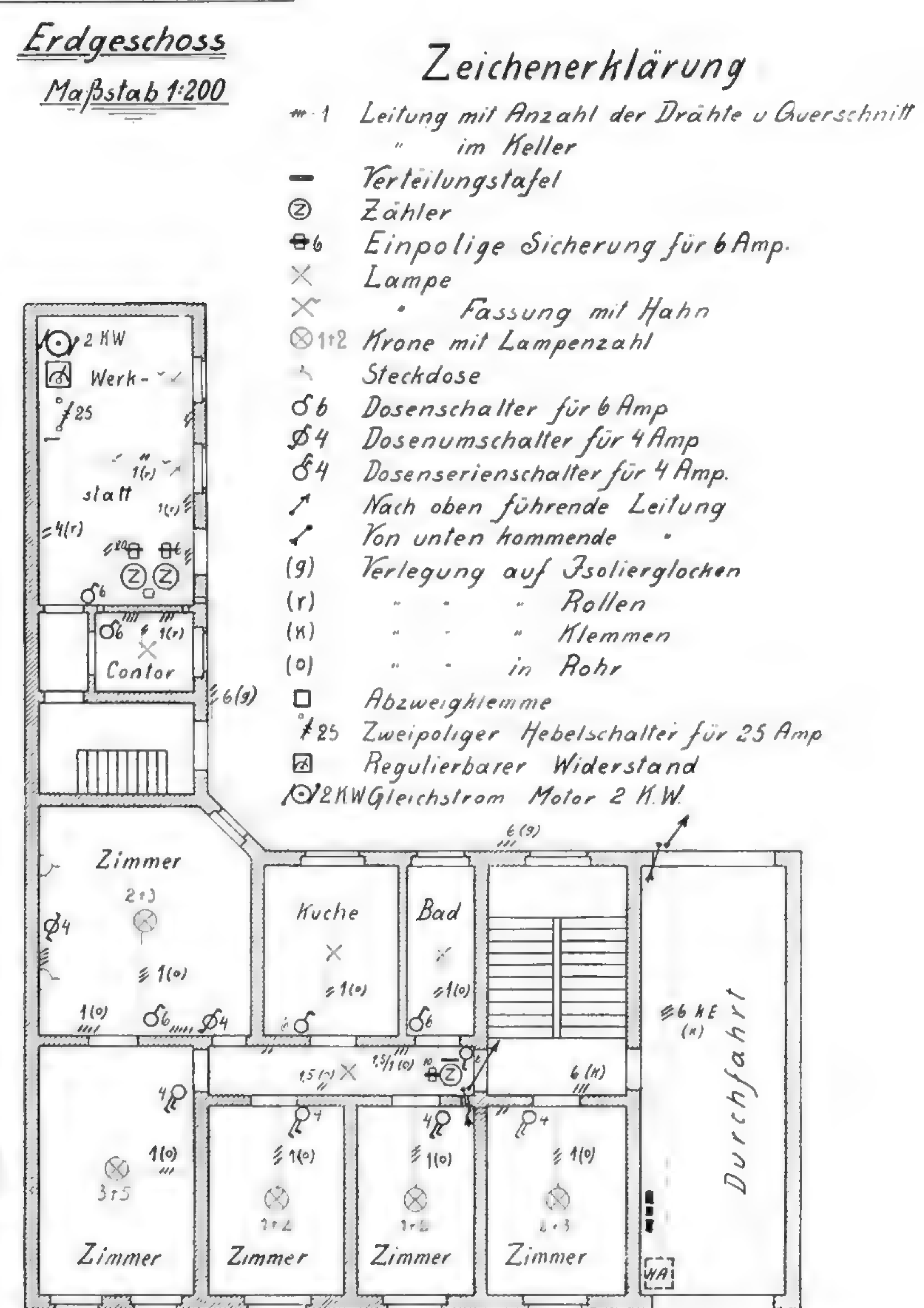
Die Lichtmenge, welche eine Lampe aussendet, wird nach **Hefner-Kerzen** (HK) gemessen. Da aber die Lichtstärke nicht in allen Richtungen die gleiche ist, gibt man für Glühlampen die mittlere horizontale oder mittlere räumliche Lichtstärke an. Für 1 HK benötigt eine Kohlefadenlampe etwa 3 bis 3,5 Watt, eine Metalldrahtlampe oder Spiraldrahtlampe etwa 1 Watt, während eine Nitralampe den Stromverbrauch bis zu $^1/_2$ Watt pro HK herabsetzt. Die älteren Lampenarten werden stets nach ihrer Lichtstärke bezeichnet, wobei als normal 5, 10, 16, 25, 32, 50 HK gelten. Die neueren Lampenarten bezeichnet man nur nach ihrem Stromverbrauch in Watt, da bei ihrer besonderen Art der Lichtverteilung eine einzige Zahl zur Kennzeichnung der Lichtstärke nicht als korrekte Bezeichnung genügen würde.

Die **Wärmewirkung** des elektrischen Stromes wird je nach dem Verwendungszweck in verschiedener Weise nutzbar gemacht. Um den Strom zu Heiz- oder Kochzwecken zu benutzen, wird er in der Regel durch einen Draht geschickt, welcher so bemessen ist, daß er sehr warm wird **(Widerstandsheizung).** Alle gebräuchlichen Heizapparate enthalten Heizelemente, in denen der Heizdraht in Isoliermaterial (Glimmer, Mikanit, Zement) gebettet ist. Die Stärke der Wärmewirkung hängt nur ab von der Stärke des Stromes und von dem Widerstand des Leiters, den er durchfließt. Hieraus geht hervor, daß die Stromart (Gleichstrom, Drehstrom) für die Benutzung der Widerstandsheizung gleichgültig ist, daß dagegen die Spannung je nach ihrer Höhe verschiedene Heizelemente bedingt. Lediglich Apparate, welche außer dem Heizelement auch motorische Einrichtungen besitzen (z. B. Haartrockner) verlangen Berücksichtigung der Stromart.

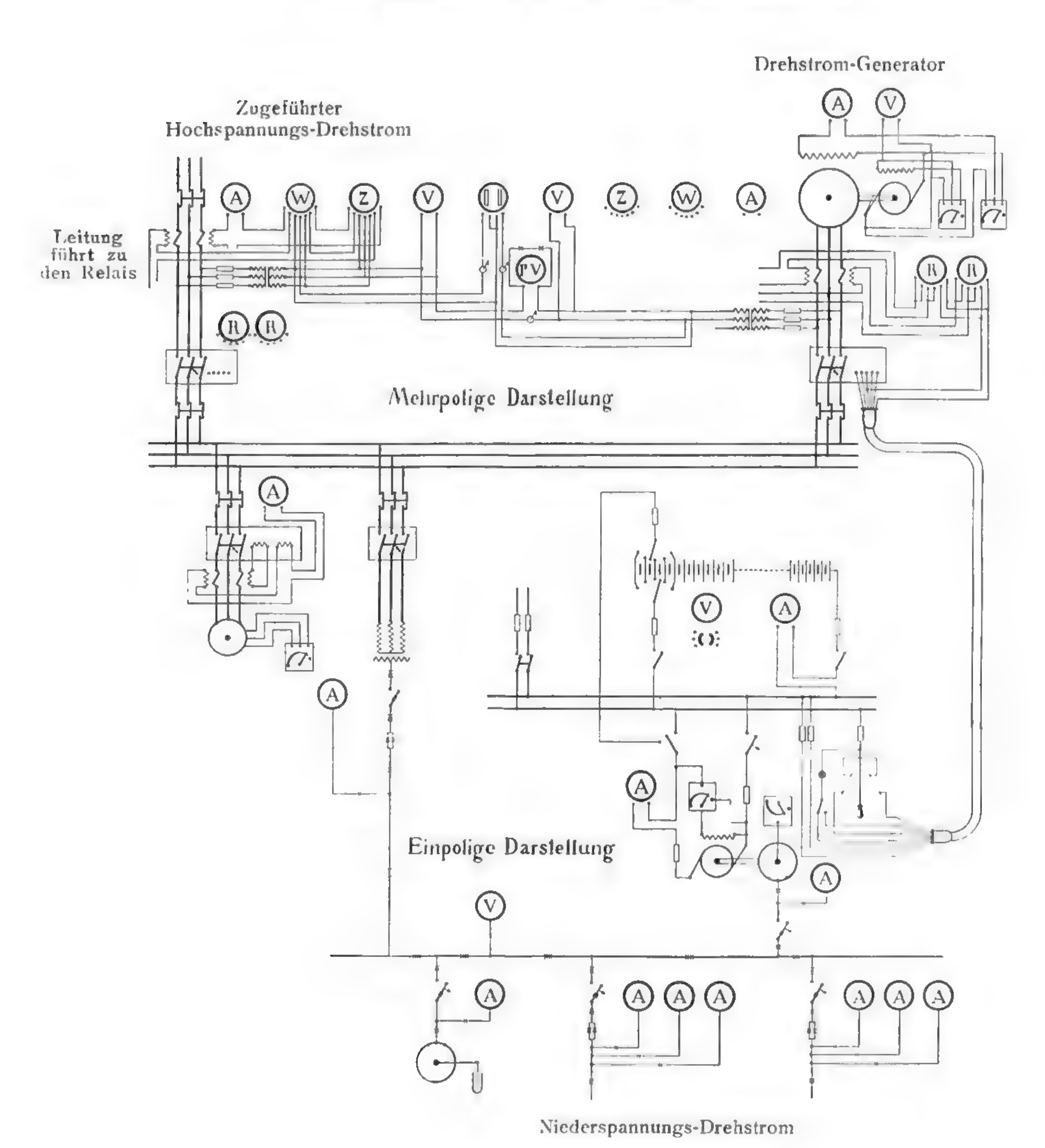
Beim Schweißen von Metallen, bei der elektrometallurgischen Metallgewinnung u. dergl. kommt hauptsächlich die Wärmewirkung des elektrischen Lichtbogens in Frage **(Lichtbogenheizung)** oft in Verbindung mit der chemischen Wirkung des Stromes.

Zur Erwärmung großer Flüssigkeitsmengen bedient man sich der **Elektrodenheizung,** bei der jede chemische Wirkung ausgeschaltet werden muß. Aus diesem Grunde kann hierfür nur Wechselstrom oder Drehstrom Verwendung finden.

Installationsplan einer einfachen Beleuchtungs- und Kraftanlage.



Schaltungsschema einer größeren Kraft- und Lichtanlage.



Erklärung der Zeichen des Schaltungsschema auf der vorhergehenden Seite.

Ⓐ Amperemeter (Strommesser)

Ⓡ Relais { für Ueberstrom, Rückstrom, Nullspannung

Ⓥ Voltmeter (Spannungsmesser)

PV Phasenvoltmeter m. Lampen

Ⓦ Wattmeter (Leistungsmesser)

Ⓩ Zähler

Frequenzmesser

Dosen-Ausschalter, einpolig

Hebelschalter, einpolig

" zweipolig

" dreipolig

" einpolig, selbsttätig für Maximalstrom

Hebelumschalter, einpolig

Oelschalter

" mit magnetischer Auslösung

" m. Fernbetätigung

Trennschalter

Voltmeter mit Umschalter

Akkumulatorenelemente mit Doppelzellenschalter

Betätigungsschalter für Fernbetätigung

Stromwandler

Transformator

" einpolig dargestellt

Gleichstrommaschinen

Drehstrommotor

Widerstand { Anlasser, Regulator

Flüssigkeitsanlasser

Sicherung

" dreipolig

Kabelendverschluß

Leistung in kW abhängig von der Stromstärke in Amp.

Für Gleichstrom ist $kW = \frac{Volt \times Amp.}{1000}$

Für Drehstrom ist $kW = \frac{1,73 \times \cos\varphi \times Volt \times Amp.}{1000}$

Amp.	Gleichstrom			Drehstrom							
	110 Volt	220 Volt	440 Volt	110 Volt		220 Volt		380 Volt		500 Volt	
				cos φ = 1,0	cos φ = 0,8	cos φ = 1,0	cos φ = 0,8	cos φ = 1,0	cos φ = 0,8	cos φ = 1.0	cos φ = 0,8
1	0,11	0.22	0,44	0,190	0,152	0,380	0,304	0.66	0.525	0,865	0.69
10	1,10	2,20	4,40	1,90	1,52	3,80	3,04	6,60	5,25	8,65	6,90
11	1,21	2,42	4,85	2,10	1,67	4,20	3,34	7,25	5,75	9,55	7,60
12	1,32	2,64	5,30	2,28	1,82	4.55	3,66	7.90	6.30	10,40	8,30
13	1,43	2.86	5,70	2,48	1,98	4.95	3.96	8.55	6.80	11.30	9.00
14	1,54	3.08	6,15	2,66	2,12	5,35	4.25	9,20	7,35	12,10	9.70
15	1,65	3,30	6,60	2,86	2,28	5,70	4,55	9,85	7,85	13,00	10,40
16	1,76	3,52	7,05	3.04	2.44	6.10	4,85	10,50	8,40	13,90	11,10
17	1,87	3.74	7,50	3.24	2.58	6,50	5.15	11.20	8,90	14.70	11,80
18	1,98	3,96	7,90	3,44	2,74	6,85	5.45	11,80	9,45	15,60	12.40
19	2,10	4.20	8.35	3,62	2,88	7,25	5,80	12.50	9,95	16.50	13.10
20	2,20	4,40	8,80	3,80	3,04	7,60	6,10	13,20	10,50	17,30	13,80
22	2,42	4,85	9,70	4.20	3,34	8,40	6,70	14,50	11,50	19,00	15,20
24	2,64	5,30	10,60	4.55	3,64	9,15	7,30	15.80	12,60	20,80	16,60
26	2.86	5,70	11,40	4,95	3,96	9,90	7,90	17,10	13,60	22,60	18,00
28	3.08	6,15	12.30	5,35	4.25	10.70	8.50	18.40	14,70	24,20	19.40
30	3 30	6,60	13.20	5.70	4,55	11,40	9.10	19,70	15,70	26,00	20.80
32	3,52	7,05	14,10	6.10	4.85	12,20	9,75	21,00	16.80	27,80	22.20
34	3,74	7.50	15.00	6.50	5.15	13,00	10,30	22,40	17.80	29,40	23.60
36	3,96	7,90	15.80	6.85	5,45	13 70	10,90	23,60	18.90	31,20	24.80
38	4,20	8,35	16.70	7,25	5,80	14,60	11.60	25.00	19,90	33.00	26.20
40	4,40	8,80	17,60	7.60	6,10	15,20	12,20	26,40	21.00	34,60	27,60
45	4,95	9,90	19.80	8,60	6.85	17.20	13.70	29,60	23.60	39.00	31,20
50	5,50	11,00	22,00	9,50	7,60	19.00	15,20	33.00	26,20	43.25	34,60
55	6,05	12,10	24,20	10.50	8,35	21,00	16.70	36.20	28.80	47,50	38,00
60	6,60	13,20	26,40	11,40	9,10	22.80	18,20	39,60	31.60	52,00	41,50
65	7,15	14,30	28,60	12,40	9.90	24,80	19.80	43.00	34.20	56,50	45.00
70	7,70	15,40	30,80	13,30	10,60	26,60	21.20	46,00	36.80	60,50	48.50
75	8,25	16,50	33,00	14,30	11,40	28,60	22.80	49,50	39,40	65,00	52,00
80	8.80	17.60	35,20	15.20	12.20	30,40	24,40	52,50	42,00	69.20	55.50
85	9,35	18,70	37,40	16.20	12,90	32,40	25,80	56,00	44,50	73.50	59.00
90	9,90	19,80	39.60	17,20	13.70	34,40	27.40	59.50	47,50	78.00	62.50
95	10,45	20.90	41,80	18,10	14.40	36.20	28.80	62.50	50.00	82.50	65.50
100	11,00	22.00	44,00	19.00	15.20	38.00	30.40	66.00	52.50	86.50	69.00
1000	110.0	220,0	440.0	190.00	152.00	380.00	304.00	660,00	525.00	865.0	690.0

Wenn Stromstärken unter 10 Amp. oder über 100 Amp. vorkommen, so ist zunächst der zehnmal größere bzw. zehnmal kleinere Wert aufzusuchen und das Ergebnis durch 10 zu teilen bzw. mit 10 zu multiplizieren.

cos φ siehe Seite 12.

Stromstärke in Amp. abhängig von der Leistung in kW.

Für Gleichstrom ist $\text{Amp.} = \frac{1000 \times \text{kW}}{\text{Volt}}$

Für Drehstrom ist $\text{Amp.} = \frac{1000 \times \text{kW}}{1{,}73 \times \cos\varphi \times \text{Volt}}$



kW	Gleichstrom 110 Volt	Gleichstrom 220 Volt	Gleichstrom 440 Volt	Drehstrom 110 Volt cos φ = 1,0	Drehstrom 110 Volt cos φ = 0,8	Drehstrom 220 Volt cos φ = 1,0	Drehstrom 220 Volt cos φ = 0,8	Drehstrom 380 Volt cos φ = 1,0	Drehstrom 380 Volt cos φ = 0,8	Drehstrom 500 Volt cos φ = 1,0	Drehstrom 500 Volt cos φ = 0,8
0.1	0.91	0.455	0.228	0.525	0.655	0.262	0,328	0,152	0,19	0,116	0.144
1.0	9,10	4.55	2,28	5,25	6.55	2.62	3.28	1.52	1,90	1,16	1,44
1.1	10.00	5,00	2.50	5.75	7.20	2.88	3.60	1.67	2,10	1.27	1.58
1,2	10.90	5.45	2,72	6.30	7,85	3.14	3.92	1,82	2.28	1.39	1,73
1,3	11.80	5.90	2,96	6.80	8.50	3.40	4.25	1,98	2,48	1.50	1,87
1 4	12.70	6.35	3.18	7.35	9.15	3.66	4.60	2.12	2,66	1,62	2,02
1.5	13.60	6.80	3,40	7,85	9.85	3,94	4,90	2.28	2.86	1.73	2.16
1,6	14.50	7.30	3.64	8,40	10.50	4.20	5.25	2,44	3,04	1,85	2,30
1.7	15,50	7.75	3 86	8.90	11,10	4.45	5.55	2,58	3,22	1.96	2,44
1.8	16,40	8,20	4.10	9,45	11,80	4.70	5,90	2.74	3,42	2,08	2.60
1,9	17.30	8 65	4.30	9.95	12,40	5.00	6.20	2.88	3.60	2.20	2.74
2.0	18.20	9.10	4.55	10,50	13,10	5.25	6,55	3.04	3.80	2.32	2.88
2.2	20.00	10,00	5,00	11,50	14.40	5,75	7,20	3.34	4,20	2.54	3.16
2,4	21.80	10.90	5.45	12,60	15,70	6,30	7,85	3 64	4,55	2,78	3.46
2,6	23,60	11,80	5,90	13.60	17.00	6,80	8.50	3.96	4,95	3,00	3.74
2.8	25.40	12.70	6.35	14,70	18,30	7,35	9.15	4.25	5.30	3,24	4,05
3.0	27.20	13,60	6,80	15.70	19,60	7.85	9.80	4.55	5,70	3,46	4,30
3,2	29,00	14,60	7,25	16.80	21.00	8,40	10.50	4,85	6.10	3,70	4.60
3.4	31,00	15,50	7,70	17,80	22,20	8.90	11,10	5,15	6,45	3.92	4.90
3 6	32,80	16,40	8.20	18.90	23,60	9.45	11,80	5.45	6.85	4,15	5,20
3 8	34,60	17.30	8,65	19.90	24.80	9,95	12,40	5,80	7,20	4,40	5.45
4.0	36.40	18.20	9,10	21.00	26,20	10,50	13,10	6.10	7.60	4,60	5.75
4.5	41,00	20,40	10,20	23.60	29.40	11,80	14.70	6.85	8.55	5.20	6.50
5.0	45.50	22,80	11.40	26 20	32.80	13.10	16.40	7.60	9.50	5,80	7,20
5,5	50,00	25.00	12.50	28,80	36.00	14.40	18,00	8.35	10.50	6,35	7,90
6,0	54.50	27,20	13.60	31.40	39.20	15.70	19.60	9.10	11.40	6.95	8.65
6.5	59,00	29.60	14.80	34.00	42.50	17,00	21.20	9.90	12.40	7.50	9.35
7.0	63,50	31.80	15.90	36.60	46.00	18 30	23.00	10.60	13.30	8,10	10,10
7,5	68,00	34,00	17.00	39.40	49.00	19.70	24.60	11.40	14.30	8.65	10.80
8.0	72.50	36,40	18.20	42.00	52,50	21,00	26.20	12,20	15.20	9.25	11,50
8,5	77,50	38.60	19,30	44.50	55.50	22,20	27,80	12,90	16.15	9,80	12.20
9.0	82.00	41,00	20,40	47.00	59,00	23.60	29.40	13.70	17.10	10,40	13,00
9,5	86.60	43.00	21.60	50.00	62.00	25.00	31,00	14,40	18,05	11.00	13,70
10.0	91.00	45.50	22,80	52,50	65.50	26,20	32.80	15.20	19.00	11,60	14.40
100 0	910.0	455.0	228.0	525.00	655.00	262.00	328.00	152.00	190.00	116.0	144.0

Wenn Leistungen unter 1 kW oder über 10 kW vorkommen, so ist zunächst der zehnmal größere bzw. zehnmal kleinere Wert aufzusuchen und das Ergebnis durch 10 zu teilen bzw. mit 10 zu multiplizieren.

cos φ siehe Seite 12.

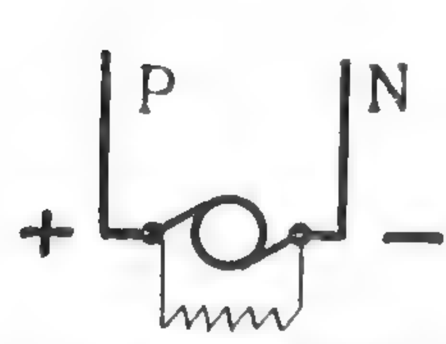
Klemmenbezeichnungen an Maschinen, Anlassern, Regulatoren und Transformatoren.

Um die Verbindung der Leitungen untereinander und den Anschluß von Maschinen und Apparaten an die Leitungen mit Sicherheit richtig bewirken zu können, bedient man sich der Schaltskizzen. Diese zeigen an, mit welchen Leitungen bestimmte Klemmen der Dynamos, Motoren, Regulatoren, Schalter usw. verbunden werden müssen, um die beabsichtigte Wirkung zu erzielen. Diese Schaltskizzen müssen deshalb deutlich erkennen lassen, welche Gegenstände dargestellt werden sollen, und welche Verbindungs-Klemmen gemeint sind. Deshalb ist nötig, für den gleichen Zweck stets dieselbe Darstellung zu wählen und die anzuwendenden Bezeichnungen der Leitungen und Verbindungsklemmen fest zu vereinbaren.

Nach den Normalien des V.D.E. sollen stets folgende Bezeichnungen angewandt werden:

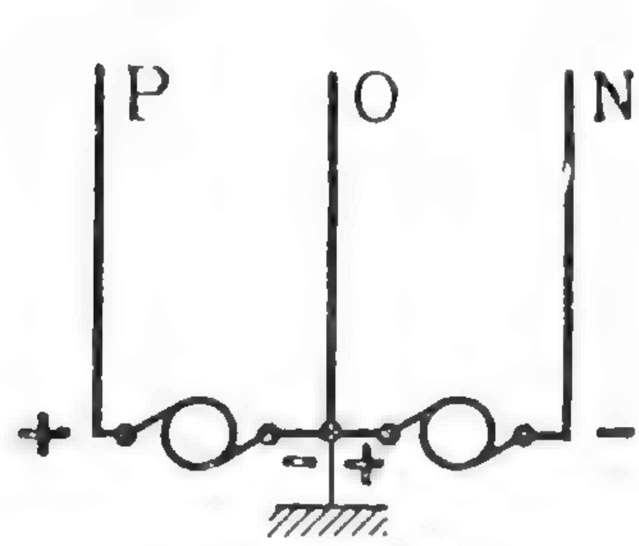
A. Beispiele von Netzbezeichnungen.

1. Gleichstrom.



Gleichstromdynamomaschine.

Zweileiteranlage, in der auf die Bezeichnung der Polarität Wert gelegt werden muß. P (positiv), N (negativ).



Erdung des Nulleiters.

Dreileiteranlage mit geerdetem Mittelleiter. O bezeichnet immer den Nulleiter einer solchen Anlage.

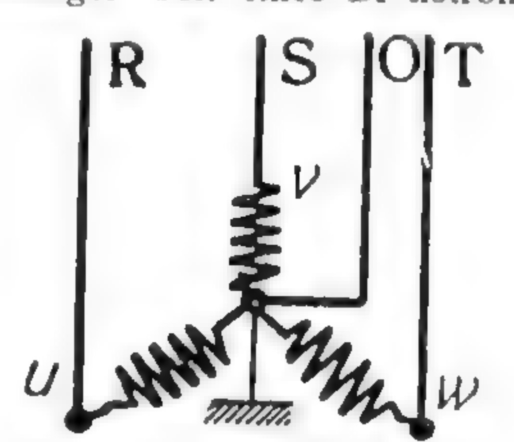
2. Wechselstrom.



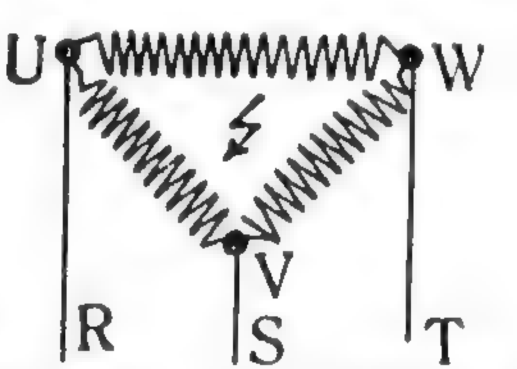


Einphasen-Transformator.

Zweileiteranlage, von einphasigem Wechselstrom gespeist oder auch selbständiger Teil eines Drehstromnetzes



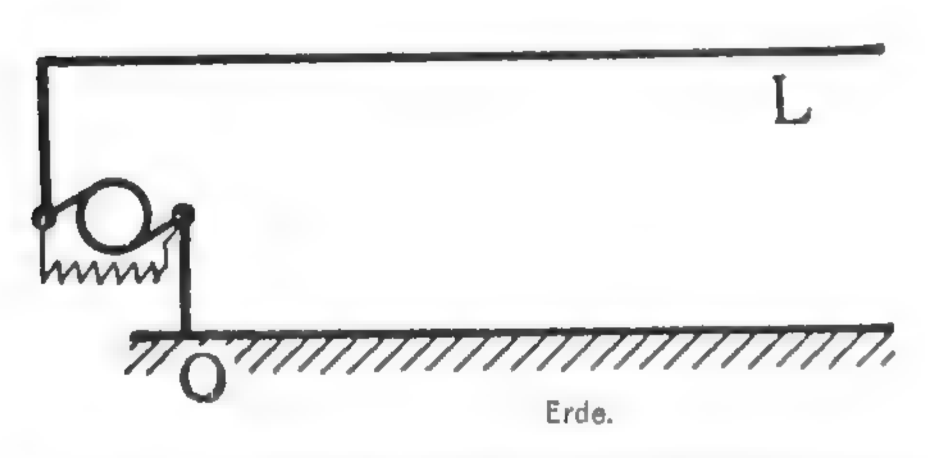
Unterspannung. Sternschaltung.



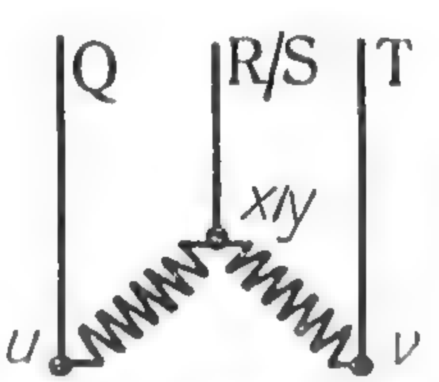
Oberspannung. Dreieckschaltung.

Drehstrom-Transformator.

Dreiphasenwechselstromanlage(Drehstrom) O bezeichnet auch hier den geerdeten Nulleiter.



Anlage mit geerdeter Rückleitung (Straßenbahnanlage). L bezeichnet auch in anderen Anlagen jede Leitung unabhängig von der Polarität (bei Gleichstrom) bzw. von der Phase (bei Wechselstrom).



Zweiphasig gewickelter Rotor eines Drehstrommotors.

Zweiphasenwechselstromanlage; der mittlere Leiter ist hier nicht „Nulleiter" und darf daher nicht mit O bezeichnet werden.

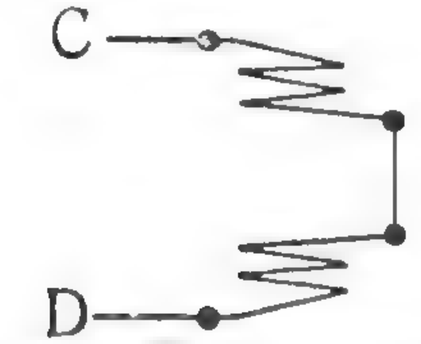
B. Allgemeine Schaltungsbezeichnungen.

1. Gleichstrom.

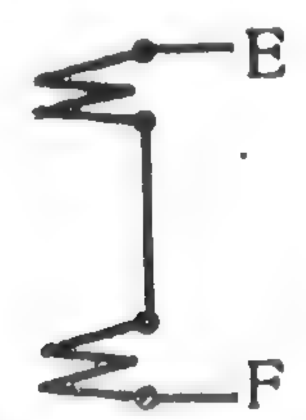
Die Bezeichnung bedeutet stets:



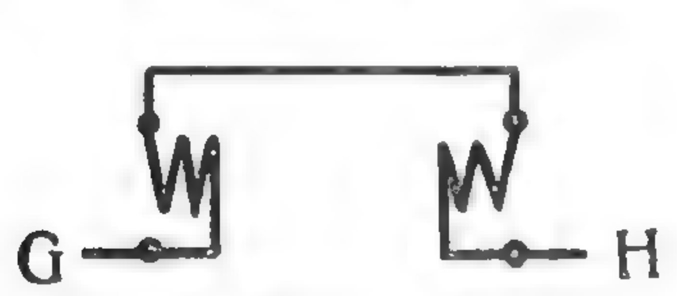
die von dem Anker bzw. Bürsten abgeführten Leitungen;



die von den Nebenschlußwicklungen abgeführten Leitungen;



die von den Hauptstrom- (Compound-) Wicklungen abgeführten Leitungen;



die von den Hilfspol- (Wendepol-) Wicklungen abgeführten Leitungen.

2. Wechselstrom.

Die Bezeichnung bedeutet stets:



die Wicklungen der Dynamo, des Motors usw. sind in Sternschaltung verbunden;



die Wicklungen der Dynamo, des Motors usw. sind in Dreieckschaltung verbunden;



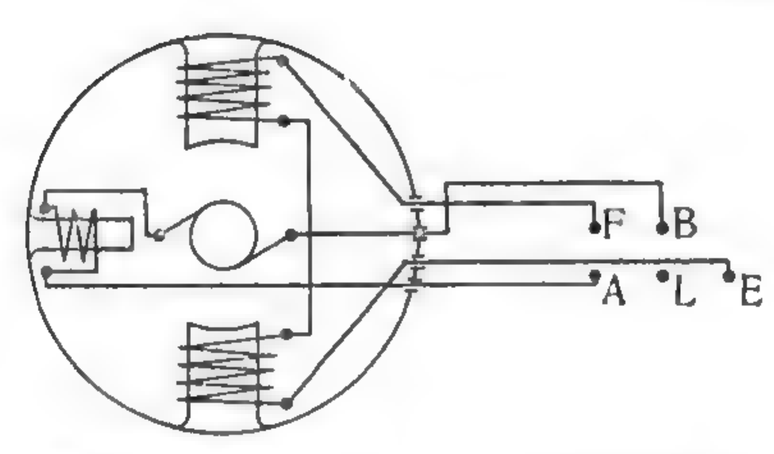
die Wicklungen der Dynamo, des Motors usw. gehören einem Stromkreise an, der für zweiphasigen verketteten Wechselstrom bestimmt ist;



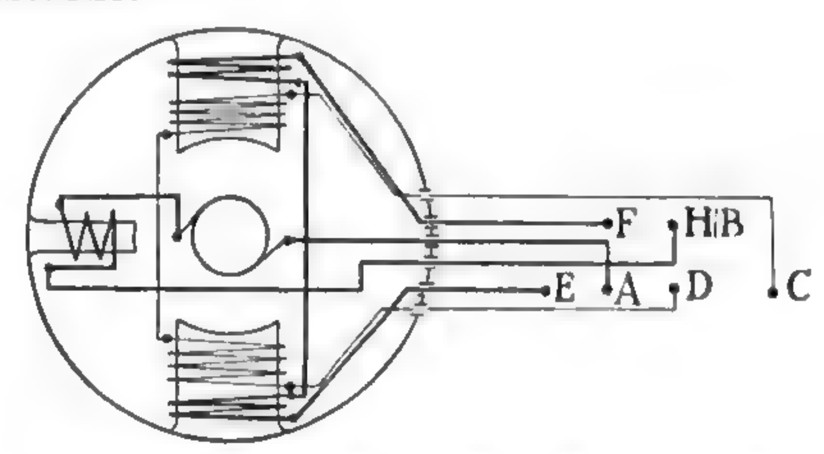
die Wicklungen der Dynamos, des Motors usw. sind für Einphasenwechselstrom bestimmt und besitzen eine Hilfsphase.

C. Klemmenbezeichnungen und innere Schaltungen der Maschinen.

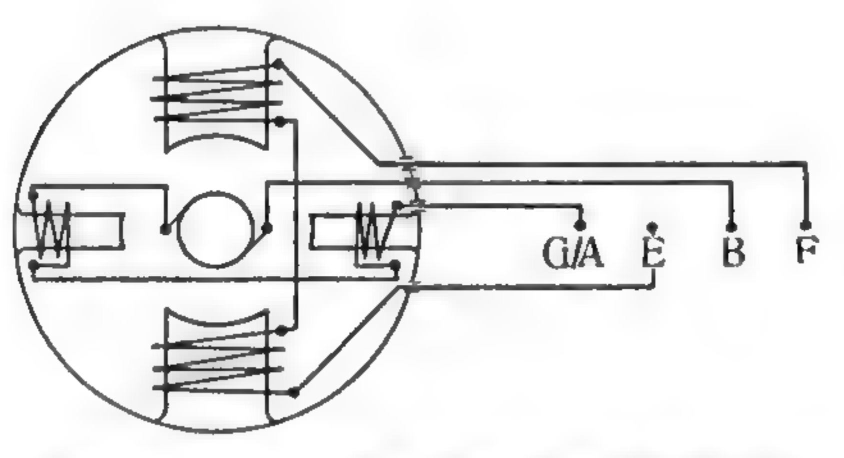
1. Gleichstrom.



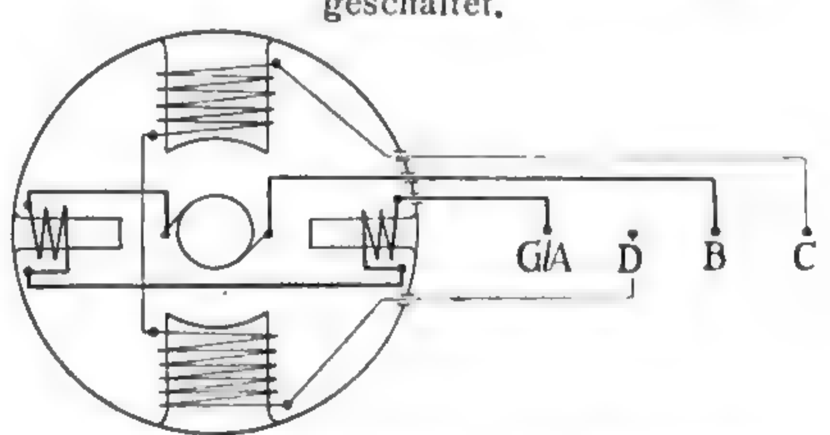
Hauptstrommaschinen der Type HN 4 bis HN 60.



Nebenschlußmaschinen der Typen HN 5 bis HN 60 werden als Motor mit Compound-Wicklung benutzt. Bei Benutzung als Dynamo bleibt Compound-Wicklung ausgeschaltet.

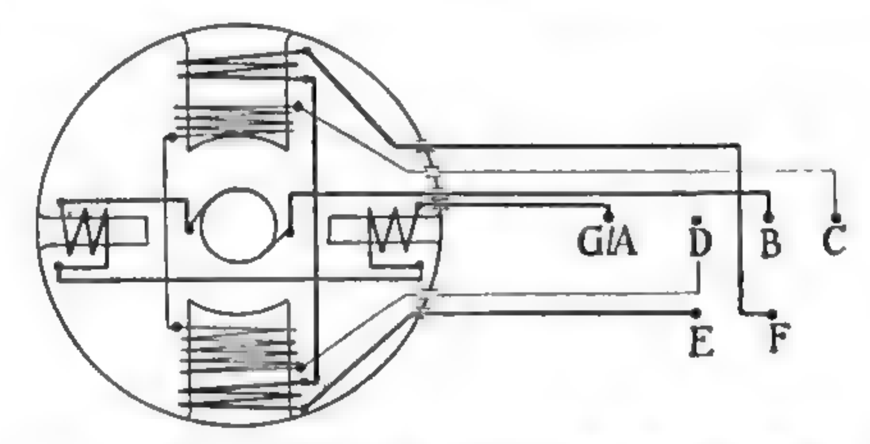


Hauptstrommaschinen der Type HN 80 bis HN 110.



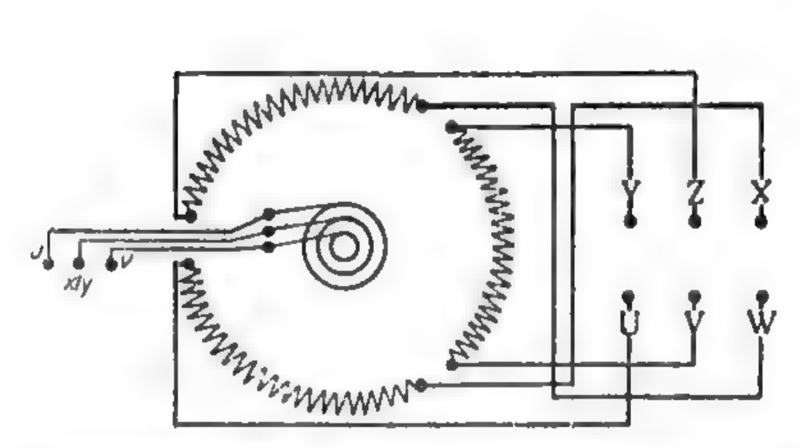
Nebenschlußmaschinen der Type HN 80 bis HN 110.

(Bei den vierpolig. Maschinen HN 140-HN 70 ist die Klemmenbezeichnung die gleiche.)

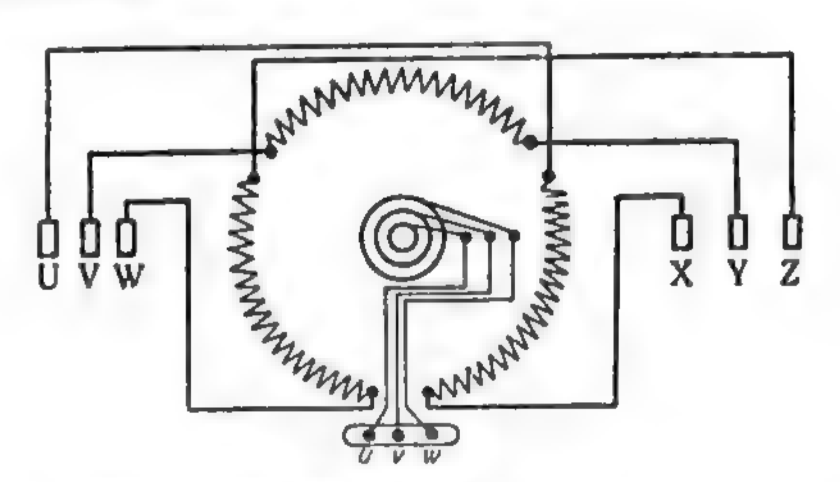


Compoundmaschinen der Type HN 80 bis HN 110.

2. Wechselstrom.



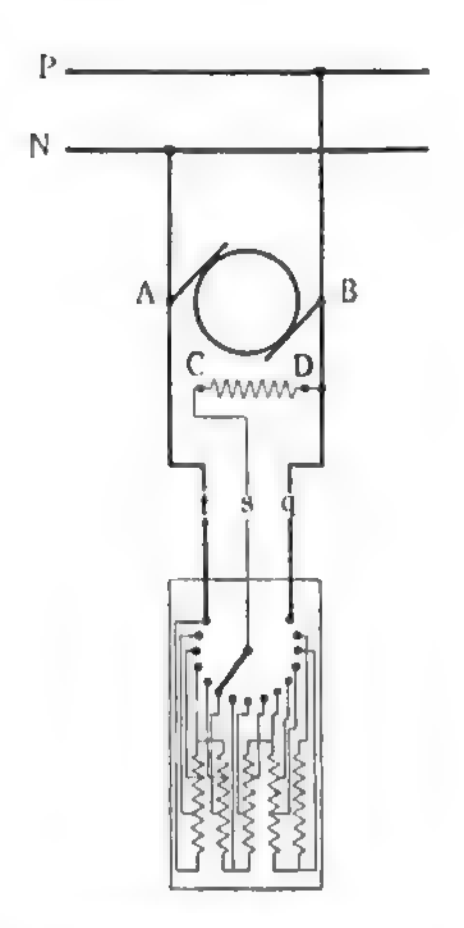
Drehstrommotor. Rotor ist mit zweiphasiger Wicklung versehen.



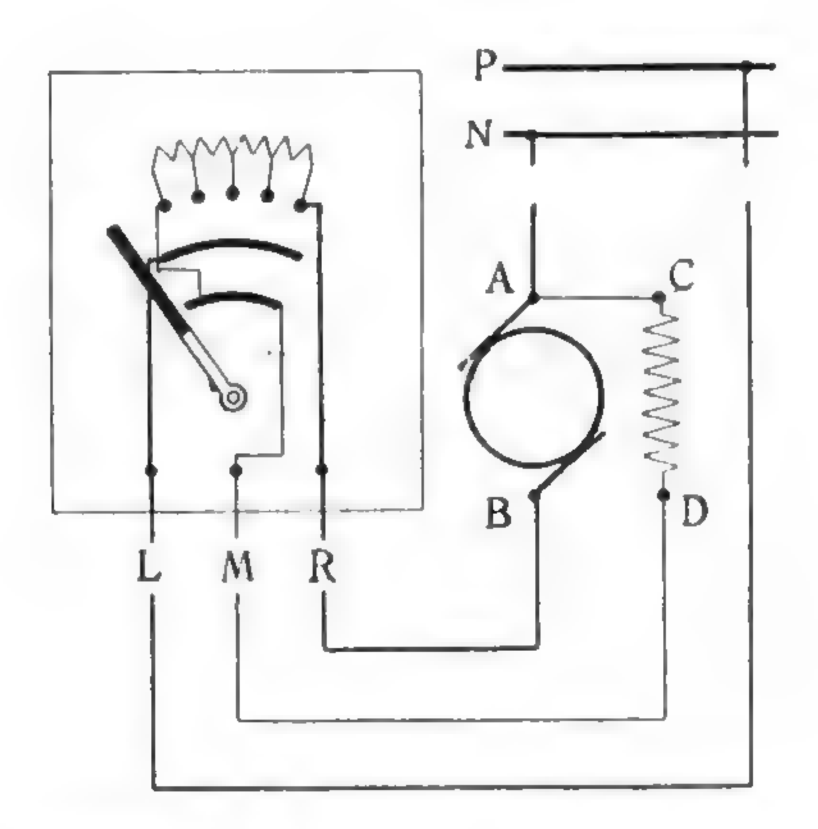
Drehstrommotor. Rotor mit dreiphasiger Wicklung versehen.

D. Klemmenbezeichnung und innere Schaltung von Regulatoren und Anlassern.

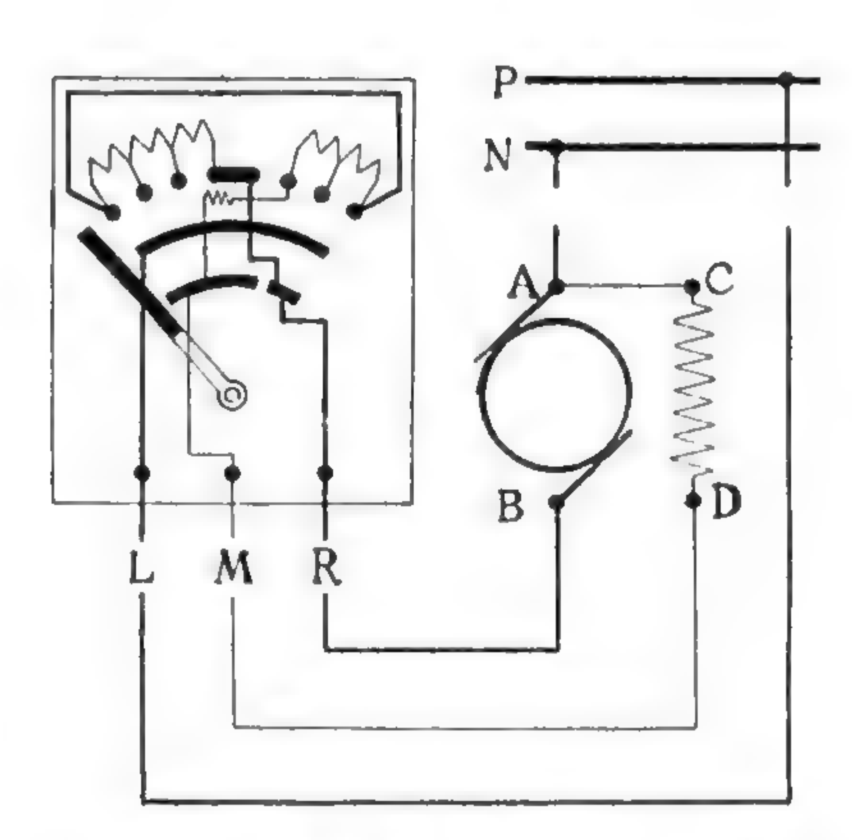
1. Gleichstrom.



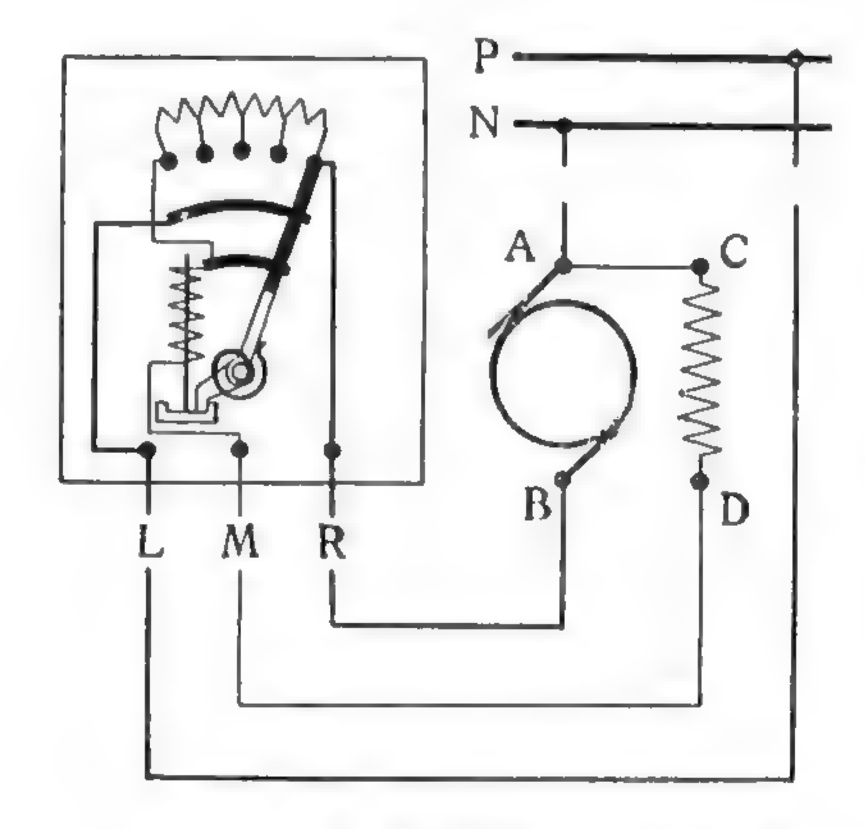
Nebenschlußregulator für Gleichstromdynamos.



Anlasser für Gleichstrom-Nebenschlußmotoren ohne Regulierung.

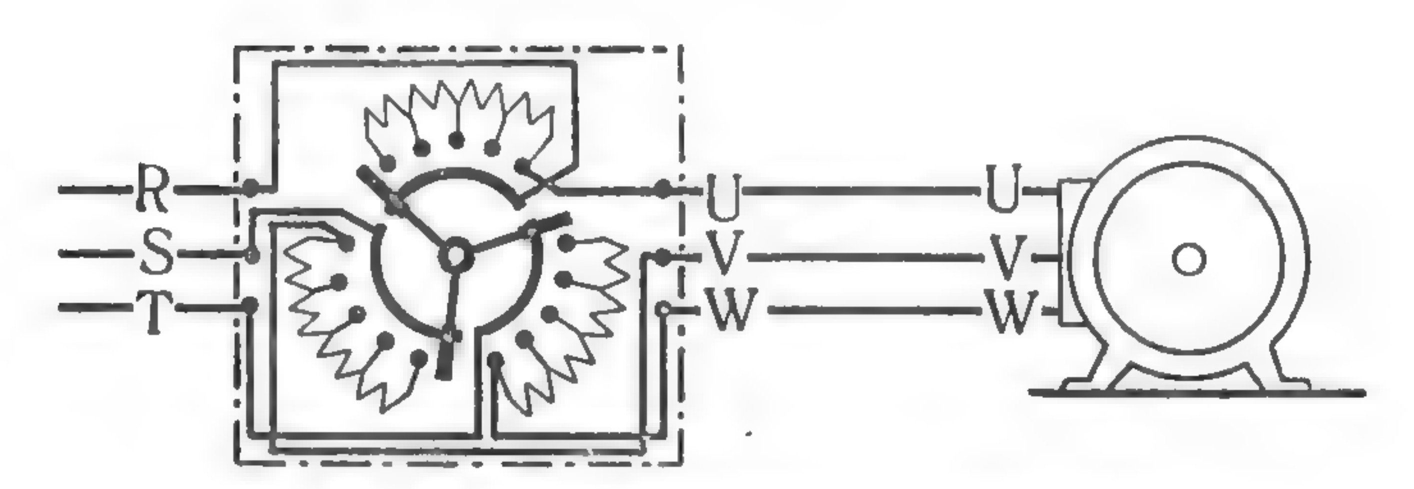


Anlasser für Gleichstrom-Nebenschlußmotoren zur Erhöhung der Umdrehungszahl durch Feldschwächung.

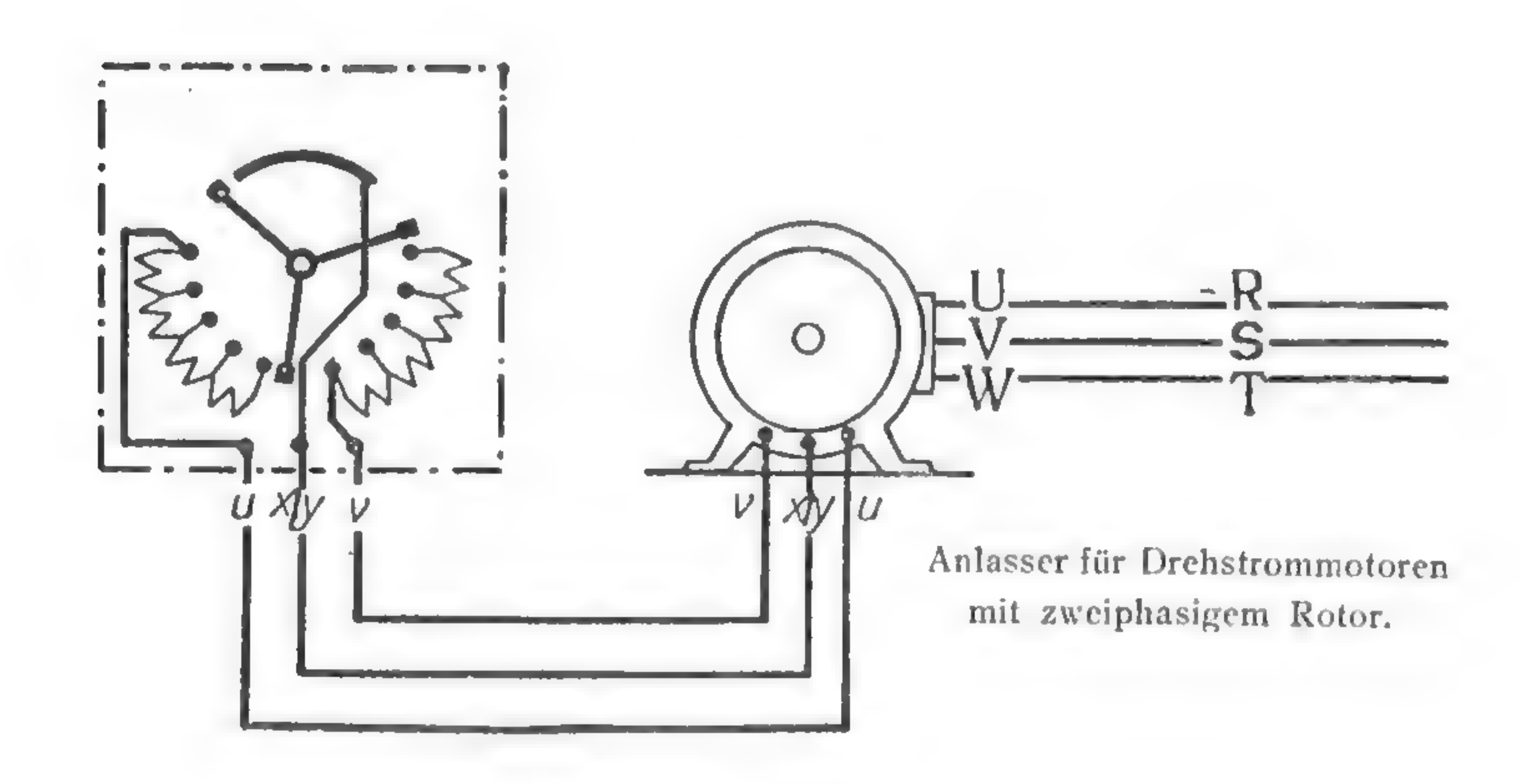


Anlasser für Gleichstrom-Nebenschlußmotoren mit selbsttätiger Nullspannungsausschaltung.

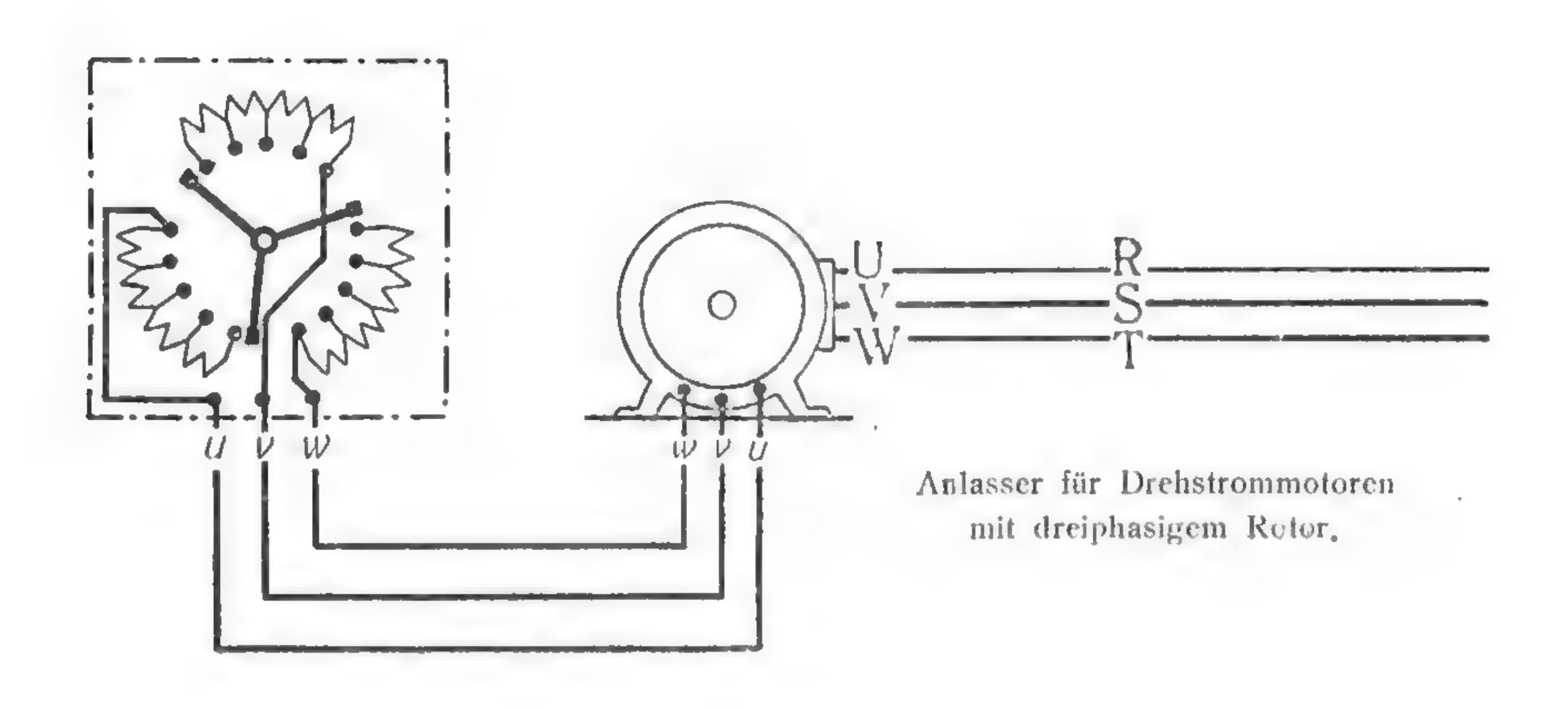
2. Drehstrom.



Gehäuseanlasser für Drehstrommotoren mit Kurzschlußanker



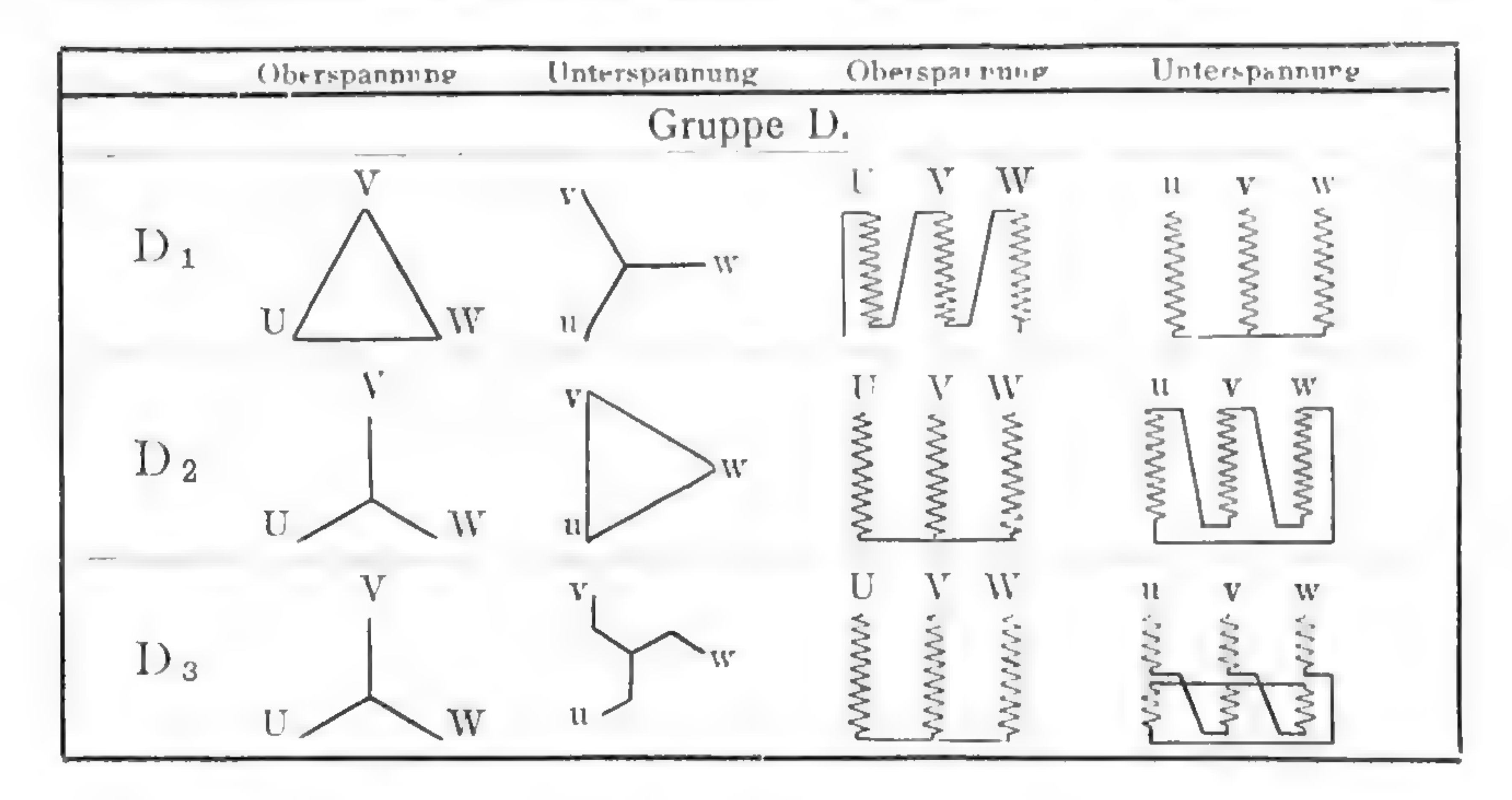
Anlasser für Drehstrommotoren mit zweiphasigem Rotor.



Anlasser für Drehstrommotoren mit dreiphasigem Rotor.

Normale Schaltgruppen von Drehstrom-Transformatoren.

Alte Bezeichnung	Neue Bezeichnung	Oberspannung	Unterspannung	Oberspannung	Unterspannung
		Gruppe A.			
a_1	A_1				
a_2	A_2				
a_3	A_3				
		Gruppe B.			
b_1	B_1				
b_2	B_2				
b_3	B_3				
		Gruppe C.			
c_1	C_1				
c_3	C_2				
c_5	C_3				



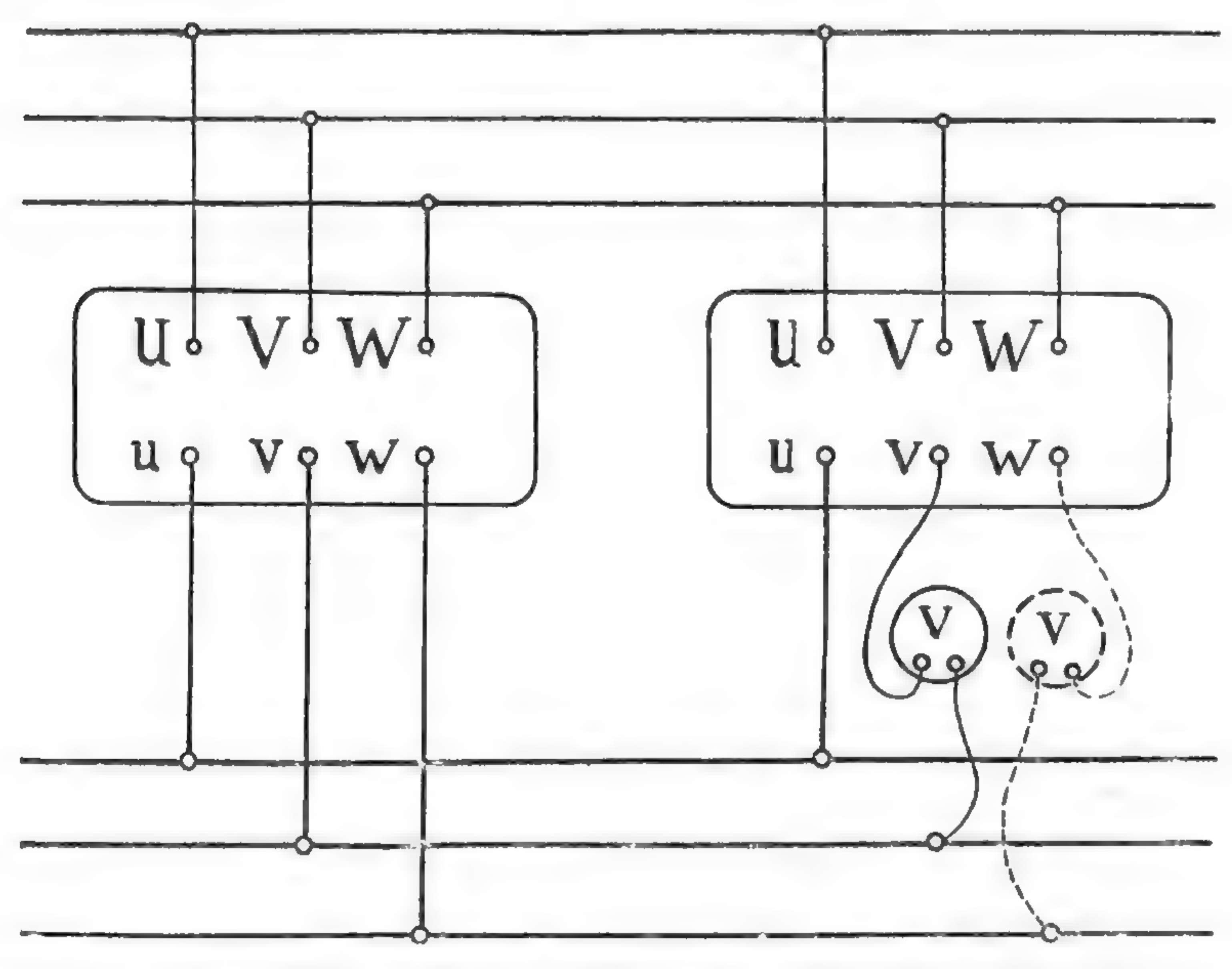
Parallelbetrieb von Drehstrom-Transformatoren.

Nur Drehstrom-Transformatoren der gleichen Schaltungsgruppe können miteinander parallel arbeiten, d. h. hoch- und niedervoltseitig auf das gleiche Netz geschaltet sein, wenn außerdem ihr Uebersetzungsverhältnis bei Leerlauf und ihre Kurzschlußspannung gleich sind. Unter Kurzschlußspannung versteht man denjenigen Prozentsatz der Spannung auf der Hochvoltseite, welcher nötig ist, um in der kurzgeschlossenen Niedervoltwicklung die normale Vollaststromstärke zu erzeugen. Hierbei kommen Werte zwischen etwa 2 und 5 Prozent in Frage, die für jeden Transformator nach seiner Konstruktion unabänderlich festliegen. Wenn die Kurzschlußspannungen genau übereinstimmen, verteilt sich die Belastung im Verhältnis der Größe der Transformatoren, vorausgesetzt, daß die Transformatoren in unmittelbarer Nähe voneinander aufgestellt sind. Wenn zu älteren Transformatoren neue hinzugestellt und parallel geschaltet werden sollen, so ist eine genaue Uebereinstimmung nicht immer leicht zu erreichen. Bei größeren Abweichungen müssen besondere Drosselspulen dem Transformator mit der geringen Kurzschlußspannung vorgeschaltet werden. Um aber zu beurteilen, ob dies nötig ist, kann man berechnen, wie die Lasten bei abweichenden Kurzschlußspannungen auf die ungleichen Transformatoren verteilt sind. Der Transformator mit der größten Kurzschlußspannung übernimmt stets die kleinste Belastung. Wenn z. B. 2 Transformatoren von je 100 KVA 3 bzw. 4 Proz. Kurzschlußspannung haben, verteilt sich die Gesamtlast wie 1 : $^{3}/_{4}$, d. h. wenn der Transformator mit 3 Proz. Kurzschlußspannung 100 KVA aufgenommen hat, erhält der zweite erst 75 KVA, oder wenn 200 KVA aufgenommen werden sollen, müßte der erste 114,3 KVA, der zweite 85,7 KVA übernehmen. Der erste wäre also um 14,3 Proz. überlastet. Wenn Transformatoren verschiedener Leistung und verschiedener Kurzschlußspannung in Frage kommen, ist die Rechnung unter Berücksichtigung der Leistung durchzuführen. Wenn z. B. ein Transformator 150 KVA mit 3 Proz., ein zweiter von 100 KVA mit 3,5 Proz. und ein dritter von 50 KVA mit 2,5 Proz. zusammen arbeiten sollten, so würde, da der Transformator mit der geringsten Kurzschlußspannung zuerst voll belastet ist, die Verteilung wie folgt sein:

50 KVA Transformator (2,5 Proz.)		= 50 KVA
100 „ „ (3,5 „)	$\frac{2,5}{3,5} \cdot 100 =$	71,43 KVA
150 „ „ (3 „)	$\frac{2,5}{3} \cdot 150 =$	124,95 KVA
		246,38 KVA

Sollte die Gesamtleistung von 300 KVA aufgenommen werden, so würde sich belasten der 50-KVA-Transformator mit ca. 61,00 KVA

der 50-KVA-Transformator mit ca.	61,00 KVA
„ 100 „ „ „ „	87,00 KVA
„ 150 „ „ „ „	152 00 KVA
	300,00 KVA



Schaltung zum Ausprüfen der Phasengleichheit bei parallelgeschalteten Transformatoren.

Bei der Inbetriebsetzung parallel geschalteter Transformatoren sind die mit gleichen Buchstaben versehenen Klemmen an die gleichen Sammelschienen anzuschließen. Da Verwechslungen zu Kurzschluß führen, muß stets vorher nachgeprüft werden, ob auch der Anschluß das richtige Ergebnis hat. Zu diesem Zweck wird auf der Unterspannungsseite zwischen den gleichnamigen Phasen mit Prüflampe oder Voltmeter gemessen. Beides muß für die doppelte Betriebsspannung ausreichend sein, da diese bei fehlerhafter Schaltung auftreten kann. Hierbei müssen beide Transformatoren in einer Phase miteinander verbunden sein, wenn zwischen den andern beiden gemessen wird. Wenn zwischen allen drei Paaren gleicher Klemmen keine Spannung herrscht, ist die Schaltung richtig.

Behandlung von Transformatoren.

Auspacken, Untersuchung und Reinigung.

Die mit Oelfüllung versandten Transformatoren sind vor Inbetriebsetzung nur daraufhin zu untersuchen, ob Beschädigungen durch den Transport vorgekommen sind.

Sind Kern und Kasten getrennt verpackt, so sind nach vorsichtiger Entfernung des Packmaterials alle Teile gründlich und vorsichtig zu säubern und nachzusehen. Schrauben sind zu untersuchen und gegebenenfalls festzuziehen. Anschluß- und Verbindungsdrähte oder -Schienen sind auf ihre richtige Lage hin zu untersuchen.

Zu jedem Transformator, der umschaltbar oder für mehrere Uebersetzungsverhältnisse eingerichtet ist, wird ein Schaltungsschema geliefert, auf Grund dessen die Schaltung herzustellen ist. Bevor der Transformator angeschlossen wird, ist zu prüfen, ob das Uebersetzungsverhältnis, das bei Ablieferung des Transformators eingestellt wurde, auch den Bedürfnissen am Orte der Inbetriebnahme entspricht.

Die Wicklungen sind mit Galvanoskop oder Kurbelinduktor gegeneinander und gegen Eisen zu prüfen.

Oeluntersuchung und Trocknung.

Das Oel ist vor Inbetriebsetzung nach den in diesem Buch angegebenen Verfahren auf seinen Wassergehalt zu untersuchen.

Zeigt das Oel Feuchtigkeit, so muß es getrocknet werden.

Die Trocknung erfolgt am besten komplett, d. h. Kern und Oel im Kasten durch Oelheizwiderstände; diese Widerstände werden vorsichtig zwischen Kern und Kasten bis auf den Boden des letzteren hinabgesenkt und an eine entsprechende Stromquelle angeschlossen; der Kasten ist außen mit Decken usw. zu umhüllen, um Kondensationserscheinungen zu verhindern. Der Deckel ist hierbei abzunehmen. Bei denjenigen Typen, bei denen der Kern am Deckel hängt, muß zum Austrocknen der Kern angehoben werden, damit die Wasserdämpfe entweichen können.

Die Temperatur des Oeles ist bis auf 120° C zu bringen, und die Trocknung ist so lange fortzusetzen, bis sich keine Luftblasen an der Oberfläche mehr zeigen und das Oel bei wiederholter Untersuchung keine Feuchtigkeit aufweist.

Können Transformatoren, die ohne Oel versandt wurden, nicht unmittelbar nach Anlieferung getrocknet und in Betrieb genommen werden, so sind sie sofort mit Oel zu füllen; da längeres Lagern in Luft die Isolation schädigt. Bei Transformatoren, die betriebsfähig mit Oel versandt werden, wird in den meisten Fällen eine Trocknung unnötig sein, wenn sie unmittelbar nach Ankunft in Betrieb gesetzt werden können, jedoch ist jedesmal durch Untersuchung des Oeles festzustellen, ob Feuchtigkeit vorhanden ist. Bei Transformatoren von 60000 Volt aufwärts ist in allen Fällen Trocknung vorzunehmen.

Aufstellung.

Bei der Aufstellung der Transformatoren ist zu beachten, daß der Kasten allseitig genügend Abstand von Wänden usw. besitzt, so daß die Wärme gut von der Kastenwandung an die Luft abgegeben werden kann.

Trockentransformatoren müssen an staubfreien Orten aufgestellt und von Zeit zu Zeit, am besten mittelst Druckluft, gereinigt werden.

Wartung.

Der Oeltransformator bedarf während des Betriebes keiner Wartung. Von Zeit zu Zeit ist am Oelablaßhahn eine Oelprobe zu entnehmen, um den Grad der Trübung festzustellen. Spätestens nach 1—2 Jahren ist es geraten, den Kasten zu öffnen und Oel und Transformatoren von etwaigen Oelrückständen zu reinigen.

Richtlinien für die technischen Bedingungen für Transformatoren- und Schalteröle.

1. Als Transformatorenöle sollen ausschließlich Raffinate, als Schalteröle können Destillate verwendet werden.
2. Das spezifische Gewicht soll nicht unter 0,85 und nicht über 0,92 bei 15° C betragen.
3. Der Flüssigkeitsgrad nach Engler soll bei einer Temperatur von 20° C nicht über 10° sein.
4. Der Flammpunkt in einem offenen Tiegel, nach Marcusson bestimmt, soll nicht unter 140° liegen.
5. Der Stockpunkt soll für Transformatorenöle nicht über plus 5°, für Schalteröl nicht über minus 15° liegen. Das Oel muß in einem Reagenzglas von 15 mm Weite in einer Höhe von 5 cm eingefüllt nach einstündiger Abkühlung auf plus 5° bzw. minus 15° umgedreht noch fließend sein.
6. Das Oel soll frei von Salzen, Säure, Alkali und Schwefel sein, und zwar sollen raffinierte Oele höchstens 0,02 % SO_3, destillierte Oele möglichst wenig organische Säure enthalten.
7. Das Oel soll frei von mechanischen Beimengungen sein. Es darf also keine suspendierten Bestandteile, Fasern, Sand oder dergleichen enthalten.
8. Die Teerzahl des ungebrauchten Transformatorenöles darf nach 70-stündiger Erwärmung auf 120° C unter Durchleitung von reinem Sauerstoff höchstens etwa 0,5 % betragen.

Oeluntersuchung bei Inbetriebsetzung.

Zur Untersuchung des Oels auf seinen Wassergehalt werden 5 bis 10 ccm Oel in einem Reagenzglas von 15—20 mm Weite über einer Flamme bis auf 130° C erhitzt. Reines Oel darf weder brausen noch schäumen. Auch darf sich kein Dampfniederschlag im freien Glasrohr bilden. Zeigt das Oel Feuchtigkeit, so muß es getrocknet werden.

Oelheizkörper.

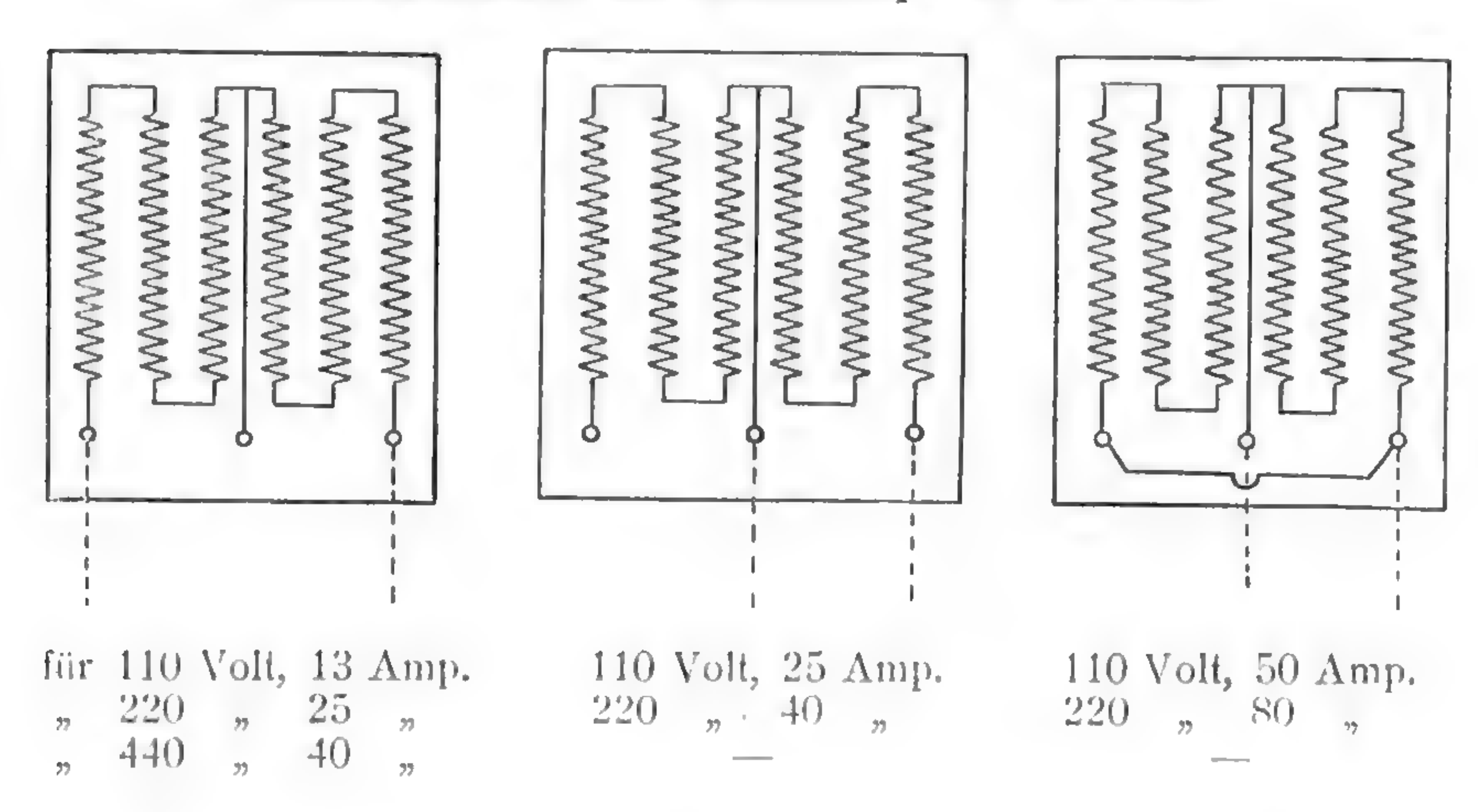
Die Oelheizkörper werden in Form von Schläuchen geliefert, die in festen, flachen Gestellen untergebracht sind. Die Heizkörper sind derart in das Oel einzubringen, daß die Heizschläuche senkrecht hängen und stets ganz vom Oel bedeckt sind.

Die Heizkörper sind für verschiedene Spannungen und Leistungsaufnahmen gebaut.

PL Nr	ist verwendbar für	
31303	110 Volt und 25 Amp.	oder 220 Volt und 40 Amp.
31304	110 „ „ 13 „	„ 220 „ „ 25 „
	110 „ „ 25 „	„ 220 „ „ 40 „
	110 „ „ 50 „	„ 220 „ „ 80 „
31305	110 „ „ 40 „	— —

Die Heizkörper PL Nr 31304 können für drei verschiedene Leistungsgruppen verwendet werden, weil sie umschaltbar sind.

Umschaltbarkeit der Oelheizkörper PL Nr 31304



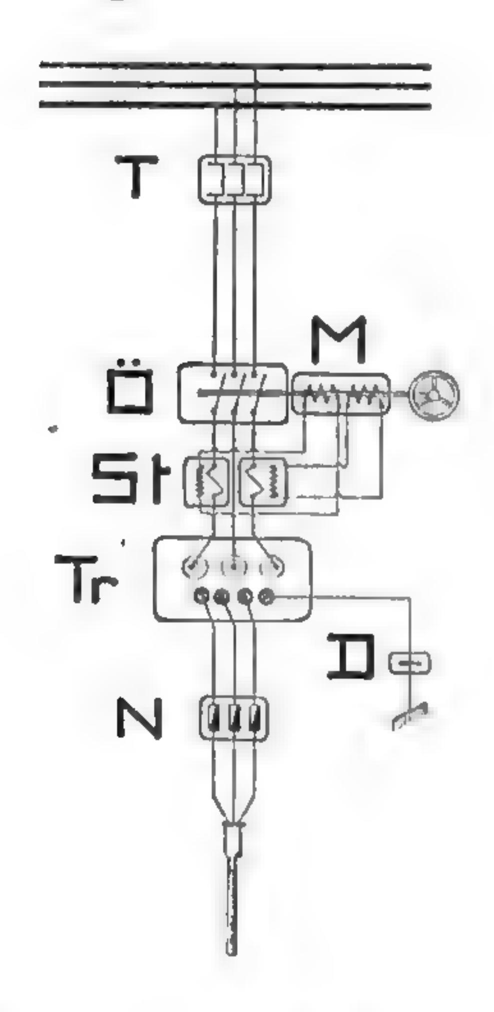
Zum Austrocknen des Oeles ist ein Oelheizkörper von passendem Leistungsverbrauch zu wählen. Der Leistungsverbrauch des Heizkörpers (Volt × Ampere) soll 1,5 bis 2 mal so groß sein, als der Gesamtverlust im Transformator bei Vollast. Dieser Gesamtverlust errechnet sich aus den Preislistenangaben für den Wirkungsgrad auf folgende Weise:

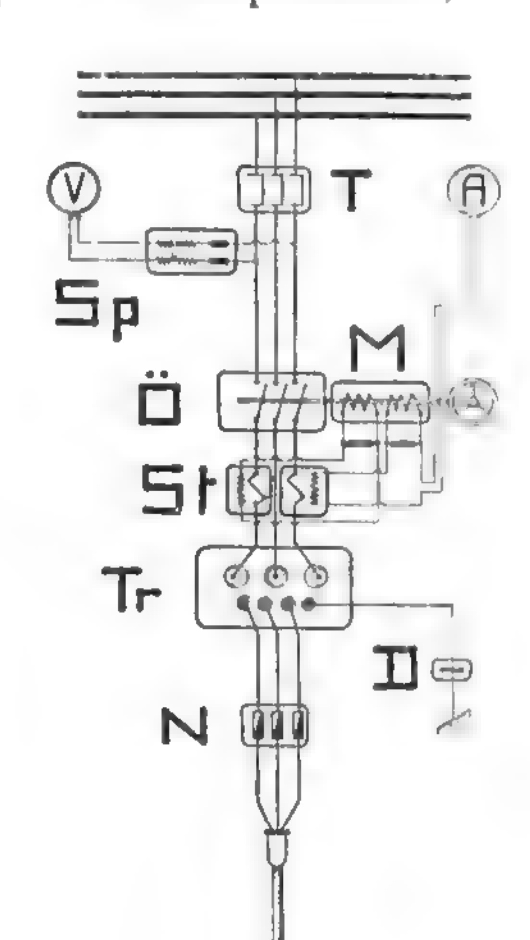
Angenommen, es soll ein Transformator einer Leistung von 200 KVA ausgetrocknet werden. In der Preisliste finde sich ein Wirkungsgrad von 97,5% angegeben. Dann beträgt der Verlust 2,5% oder für 200 KVA 2 × 2,5 = 5 KVA oder 5000 Voltampere. Die Oelheizwiderstände, die zum Austrocknen des Oeles dieses Transformators angewendet werden sollen, müssen daher einen Leistungsverbrauch von 1,5 bis 2 × 5000 = 7500 bis 10000 Voltampere aufweisen.

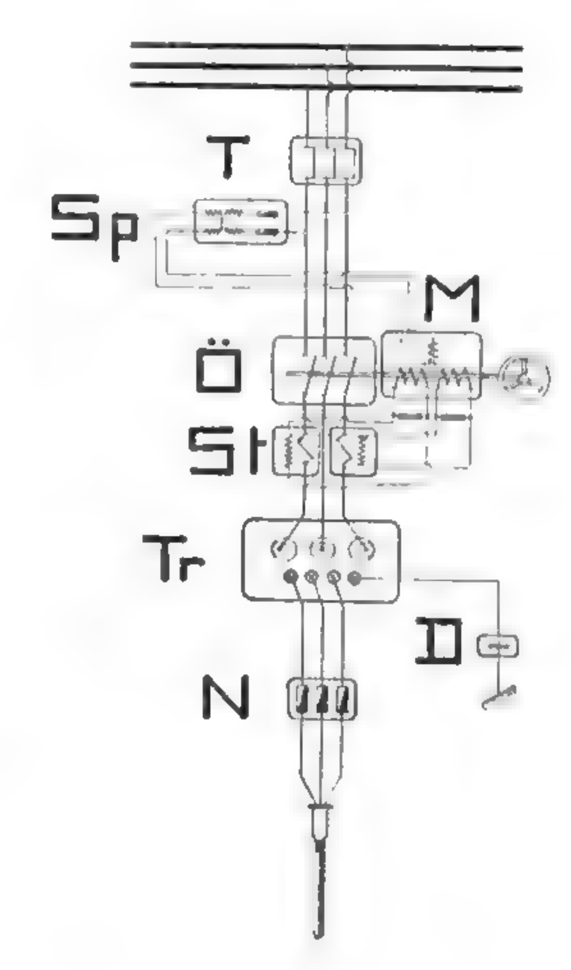
In Frage kommt also Heizkörper PL Nr 31303 mit 220 × 40 = 8800 Voltampere.

Schaltung des Anschlusses eines Transformators:

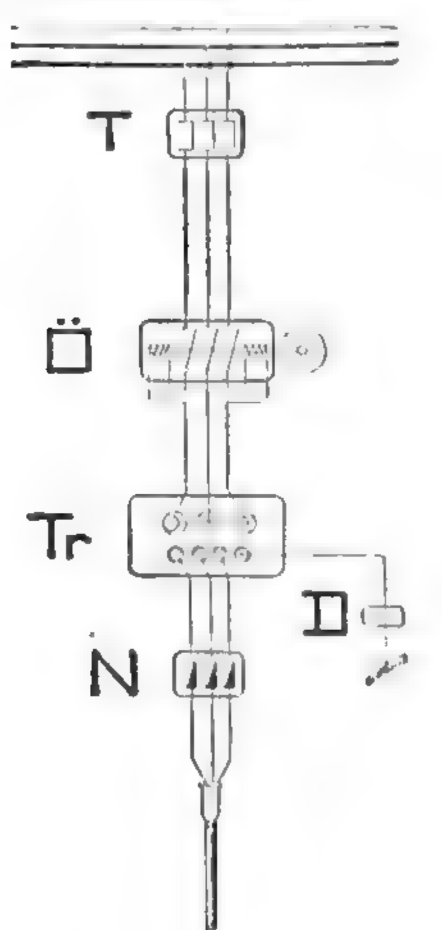
1. mit Oelschalter mit zweiphasigem Auslösemagnet;
2. wie 1., jedoch mit Zeitsicherung, Volt- und Amperemeter;
3. wie 1., jedoch mit Zeitsicherung und Nullspannungsmagnet;

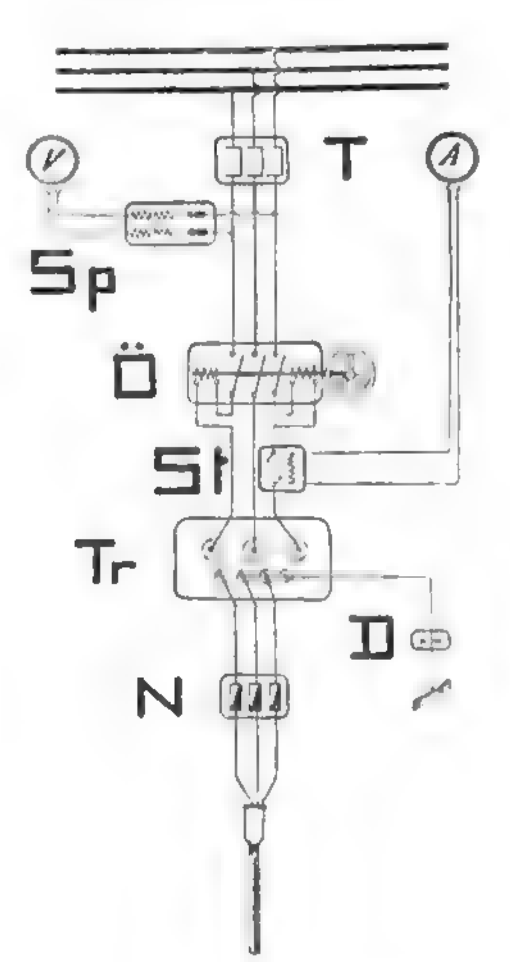


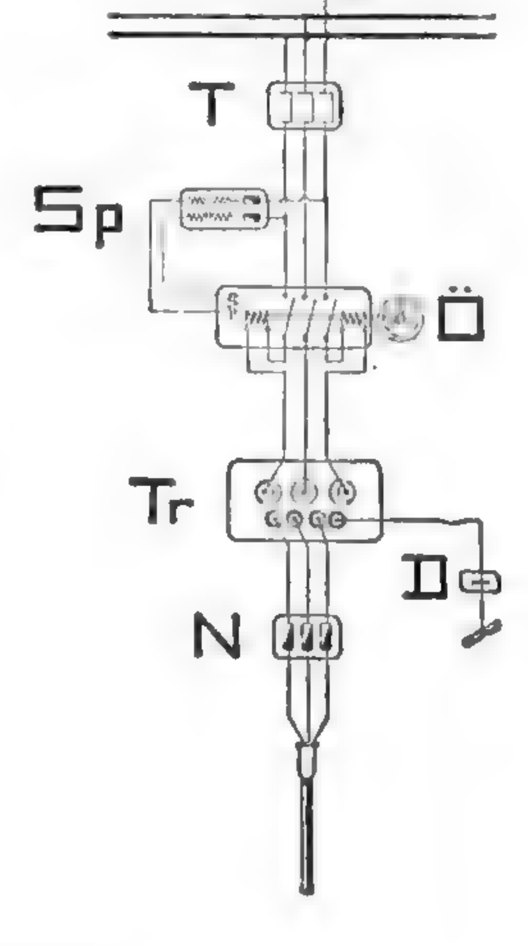




4. mit Oelschalter mit direkter zweiphasiger Ueberstrom-Zeit- und Freiauslösung;
5. wie 4., jedoch mit Voltmeter und Amperemeter;
6. wie 4., jedoch mit Nullspannungsauslösung;







Tr = Transformator.
Ö = Oelschalter.
St = Stromwandler.
N = Niederspannungssicherung.
T = Trennschalter.
M = Auslösemagnet.
Sp = Spannungswandler.
D = Durchschlagsicherung.

Höchstzulässige Temperaturen an Transformatoren.

Nach den Normalien des V. D. E.

(Festzustellen durch Messung der Widerstandszunahme der Wicklungen.)

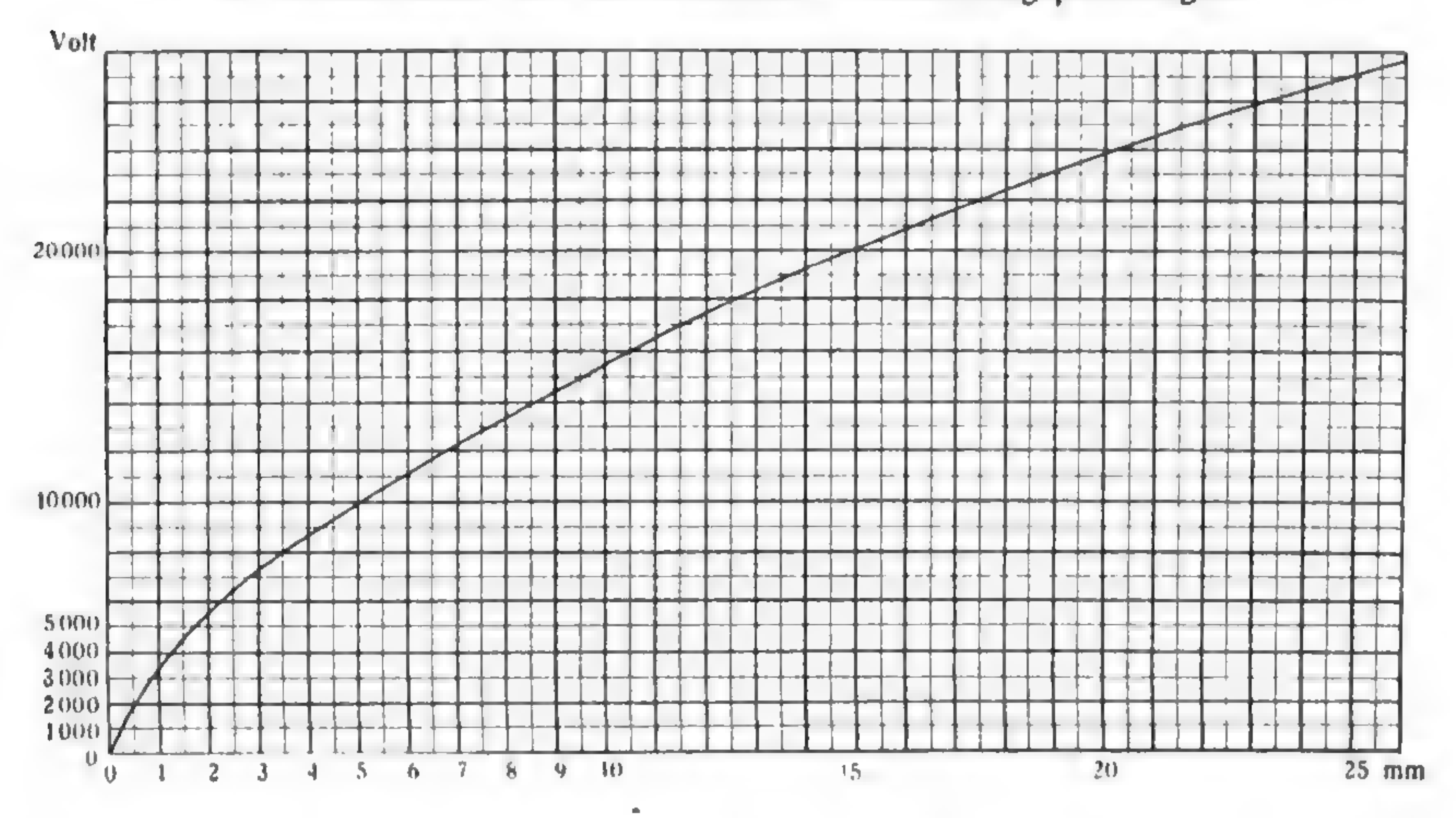
Es wird angenommen, daß die Temperatur der Umgebung (Raumtemperatur) 35° C nicht überschreitet.

	Höchste Temperaturzunahme	Höchste Temperatur
Bei Isolierung durch unimprägnierte Baumwolle in Luft	50°	85° C
„ „ „ imprägnierte Baumwolle in Luft .	60°	95° C
„ „ „ Papier in Luft	60°	95° C
„ „ „ Baumwolle oder Papier in Oel .	70°	105° C
„ „ „ Emaille, Asbest, Glimmer und deren Präparate	80°	115° C
Oel an der Oberfläche (Thermometermessung)	60°	95° C

Mit der Einschränkung, daß Ueberlastungen nur so kurze Zeit dauern oder nur bei solchem Temperaturzustand der Transformatoren vorgenommen werden, daß die vorstehenden Höchsttemperaturen nicht überschritten werden, sind Transformatoren überlastbar:
25% während ½ Stunde. 40% während 3 Minuten.

Größe der Funkenstrecke

in Innenräumen bei verschiedenen Ueberschlagspannungen.



Die Einstellung richtet sich nicht nur nach der Betriebsspannung, sondern die Wahl der Ueberschlagspannung und damit die Größe der Funkenstrecke ist abhängig von der Schaltung des Ueberspannungsschutzes (Grobschutz, Feinschutz) und den vorgeschalteten Widerständen.

Bemessung des Leitungsquerschnittes.

Elektrische Leitungen sind so zu bemessen, daß sie bei den vorliegenden Betriebsverhältnissen genügend mechanische Festigkeit haben und keine unzulässigen Erwärmungen annehmen können (§ 20 der Errichtungs-Vorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker).

1. Bemessung auf mechanische Festigkeit.

Art der Leitungen	Mindestquerschnitt qmm
An und in Beleuchtungskörpern	0,5
Pendelschnüre	0,75
Ortsveränderliche Leitungen	1
Isolierte Leitungen in Rohr*)	1
Isolierte Leitungen auf Isolierkörpern in Abständen bis 1 m*)	1
" " " " " " von 1—20 m*)	4
Blanke Leitungen in Gebäuden	4
Blanke Leitungen im Freien auf Isolierkörpern in Abständen bis 20 m	4
Freileitungen (auf Isolierkörpern in Abständen von 20—35 m)	6
" " " " " über 35 m	10
Blankes Aluminiumseil (auf Isolierkörpern in Abständen bis 35 m)	10
" " " " " " über 35 m	25
Erdungsleitungen (in elektr. Betriebsräumen 16 qmm) sonst	4

*) Einschließlich der isolierten Leitungen für geerdete oder Nulleiter (C W-Drähte).

2. Bemessung auf Erwärmung.

Isolierte Leitungen und Schnüre dürfen mit den in nachstehender Tabelle verzeichneten Stromstärken dauernd belastet werden. Die Stromstärke, die eine Leitung durchfließt, ergibt sich aus den Verbrauchsströmen der einzelnen Stromverbraucher. Sind die Verbrauchsströme nicht bekannt, sondern nur der Wattverbrauch, so kann die Stromstärke an Hand der Tabelle auf Seite 33 ermittelt werden.

Belastungstabelle für isolierte Leitungen

Querschnitt qmm	Kupfer		Aluminium		Zink		Eisen	
	Höchststrom Amp.	Sicherung für Amp.	Höchststrom Amp.	Sicherung für Amp.	Höchststrom Amp.	Sicherung für Amp.	Höchststrom Amp.	Sicherung für Amp.
1	11	6	8	6	—	—	—	—
1,5	14	10	11	6	9	6	—	—
2,5	20	15	16	10	11	6	8	6
4	25	20	20	15	13	10	10	6
6	31	25	24	20	16	10	12	10
10	43	35	34	25	23	20	17	15
16	75	60	60	35	40	35	30	25
25	100	80	80	60	52	35	—	—
35	125	100	100	80	65	60	—	—
50	160	125	125	100	83	60	—	—
70	200	160	155	125	105	80	—	—
95	240	200	190	160	125	100	—	—
120	280	225	220	200	145	125	—	—
150	325	260	255	225	170	125	—	—

Mindestquerschnitt für isolierte Leitungen, passend zu den Abstufungen der Sicherungen								
	Kupfer		Aluminium		Zink		Eisen	
Sicherung für **Amp.**	Querschnitt qmm	Höchststrom Amp	Querschnitt qmm	Höchststrom Amp.	Querschnitt qmm	Höchststrom Amp.	Querschnitt qmm	Höchststrom Amp.
6	1	11	1	8	1,5	9	2,5	8
10	1,5	14	2,5	16	4	13	6	12
15	2,5	20	4	20	—	—	10	17
20	4	25	6	24	10	23	—	—
25	6	31	10	34	—	—	16	30
35	10	43	16	60	16	40	—	—
60	16	75	25	80	35	65	—	—
80	25	100	35	100	70	105	—	—
100	35	125	50	125	95	125	—	—
125	50	160	70	155	120	145	—	—
160	70	200	95	190	—	—	—	—
200	95	240	120	220	—	—	—	—
225	120	280	150	255	—	—	—	—
260	150	325	—	—	—	—		

Blanke Kupferleitungen bis zu 50 qmm unterliegen gleichfalls obigen Tabellen. Auf solche über 50 qmm sowie auf alle Freileitungen finden die vorstehenden Zahlenbestimmungen keine Anwendung; sie sind in jedem Falle so zu bemessen, daß sie durch den stärksten normal vorkommenden Betriebsstrom keine für den Betrieb oder die Umgebung gefährliche Temperatur annehmen können.

Belastungstabelle für im Erdboden verlegte Kupferkabel							
Querschnitt **qmm**	Höchste, dauernd zulässige Stromstärke in Amp. bei Verlegung im Erdboden						
	Einleiterkabel bis 700 Volt	Verseilte Zweileiterkabel bis 3000 Volt	Verseilte Zweileiterkabel bis 10000 Volt	Verseilte Dreileiterkabel bis 3000 Volt	Verseilte Dreileiterkabel bis 10000 Volt	Verseilte Vierleiterkabel bis 3000 Volt	Verseilte Vierleiterkabel bis 10000 Volt
1	24	—	—	—	—	—	—
1,5	31	—	—	—	—	—	—
2,5	41	—	—	—	—	—	—
4	55	42	—	37	—	34	.
6	70	53	—	47	—	43	—
10	95	70	65	65	60	57	55
16	130	95	90	85	80	75	70
25	170	125	115	110	105	100	95
35	210	150	140	136	125	120	115
50	260	190	175	165	155	150	140
70	320	230	215	200	190	185	170
95	385	275	265	240	226	220	205
120	450	315	290	280	260	250	240
150	510	360	335	315	300	290	275
185	575	405	380	360	340	330	310
240	670	470	—	420	—	385	—
310	785	545	—	490	—	445	—
400	910	635		570	—	—	—
500	1035	—	—	—	—	—	—
625	1190	—		—	—	—	—
800	1380	—	—	—	—	—	—
1000	1585	—	—	—	—	—	—

Bei Verlegung von Kabeln in Luft oder bei Anordnung in Kanälen und dergl., Anhäufung von Kabeln im Erdboden oder ähnlichen ungünstigen Verhältnissen empfiehlt es sich, die Höchstbelastung auf ¾ der in der Tabelle angegebenen Werte zu ermäßigen. Der Tabelle ist eine Uebertemperatur von 25° C bei Dauerbelastung und die übliche Verlegungstiefe von etwa 70 cm zugrunde gelegt. Sie gilt, solange nicht mehr als 2 Kabel im gleichen Graben nebeneinander liegen. Gesondert verlegte Mittelleiter bleiben hierbei unberücksichtigt.

3. Bemessung auf Spannungsabfall.

Elektrische Leitungen sind so zu bemessen, daß unter den vorliegenden Betriebsverhältnissen die Stromverbraucher eine ausreichende Spannung erhalten. Der Spannungsabfall darf daher ein für die jeweiligen Betriebsverhältnisse zulässiges Maß nicht überschreiten. Zum ungefähren Anhalt gelte als oberste Grenze für Lichtanlagen 4%, für Kraftanlagen 6 %. Der Spannungsabfall wird zum Zwecke der Leitungsberechnung meist in Volt angegeben. 5 % Spannungsabfall bei 380 Volt Betriebsspannung entspricht z. B. einem Spannungsabfall von 19 Volt.

Bei gegebenem Leitungsquerschnitt wird der Spannungsabfall in Volt nach den hierunter **links** angegebenen Formeln berechnet. Für einen bestimmten Spannungsabfall in Volt wird der notwendige Leitungsquerschnitt nach den hierunter **rechts** angegebenen Formeln berechnet.

Formeln für die Berechnung des Spannungsabfalles und des Querschnittes.

Stromart	Der Spannungsabfall in Volt berechnet sich:	Der Querschnitt berechnet sich:
Gleichstrom und Zweileiter-Wechselstrom (bei induktionsfreier Belastung)	wenn die Stromstärke bekannt ist:	
	$e = \frac{2 \cdot L \cdot I}{k \cdot q}$	$q = \frac{2 \cdot L \cdot I}{k \cdot e}$
	oder wenn die Leistung bekannt ist:	oder
	$e = \frac{2 \cdot L \cdot N}{k \cdot q \cdot E}$	$q = \frac{2 \cdot L \cdot N}{k \cdot e \cdot E}$
Drehstrom (Ueber die Berücksichtigung des induktiven Widerstandes der Freileitungen Seite 60.)	wenn die Stromstärke bekannt ist:	
	$e = \frac{1{,}73 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{k \cdot q}$	$q = \frac{1{,}73 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{k \cdot e}$
	oder wenn die Leistung bekannt ist:	oder
	$e = \frac{L \cdot N}{k \cdot q \cdot E}$	$q = \frac{L \cdot N}{k \cdot e \cdot E}$

Für die Bemessung des Querschnittes kann neben dem Spannungsabfall auch der **Energieverlust** ausschlaggebend sein, der in der zu bestimmenden Leitung entsteht. Er wird meist in Prozenten der übertragenen Leistung angegeben und berechnet sich nach folgenden Formeln:

Formeln für die Berechnung des Energieverlustes.

Für Gleichstrom	$p = \frac{200 \cdot L \cdot N}{k \cdot q \cdot E \cdot E}$	Für Drehstrom	$p = \frac{100 \cdot L \cdot N}{k \cdot q \cdot E \cdot E \cdot \cos\varphi \cdot \cos\varphi}$

In den Formeln bedeuten:

E die Betriebsspannung: in Zweileiteranlagen zwischen den beiden Leitungen, in Gleichstrom-Dreileiteranlagen zwischen den beiden Außenleitungen, in Drehstromanlagen zwischen je zwei der Zuleitungen (nicht zwischen Zuleitung und Nullleitung).
e den Abfall der Spannung in Volt vom Anfang bis zum Ende der Leitung.
N die übertragene Leistung in Watt. (Siehe Tabelle auf Seite 32.)
p den Verlust an Energie vom Anfang bis zum Ende der Leitung in Prozenten.
I die Stromstärke in einer Leitung. (Siehe Tabelle auf Seite 33.)
L die Länge der zu betrachtenden Leitungsstrecke in m.
q den Querschnitt der fraglichen Leitung in qmm.
k die Leitfähigkeit; für Kupfer 56, Aluminium 33, Zink 16, Eisen 7.

Die nach den umstehenden Formeln errechneten Werte für den Spannungsabfall e und den Leitungsquerschnitt q gelten für Leitungen ohne induktiven Widerstand, z. B. für Installationsleitungen in Gebäuden, die mit geringen Abstand voneinander verlegt sind, für Leitungen in Rohren und für Kabel. Freileitungen, die meist einen erheblichen Abstand voneinander haben, besitzen induktiven Widerstand. Er wird bei der Berechnung dadurch berücksichtigt, daß die errechneten Werte für e und q für Freileitungen mit einem Leiterabstand von 400 bis 500 mm mit den hierunter angegebenen Zahlen multipliziert werden, wenn der Leistungsfaktor (cos φ) 0,8 ist.

Bei Leitungen aus	Bei Leitungen mit einem Querschnitt von qmm						
	10	16	25	35	50	70	95
Kupfer	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1
Aluminium	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6

Nach den auf Seite 49 angegebenen Formeln ergeben sich für die normalen Leitungsquerschnitte, Stromarten und Spannungen die in der Tabelle auf Seite 52 angegebenen Werte für den Spannungsabfall.

Die Tabelle ist berechnet für induktionsfreie Kupferleitungen und 220 Volt Drehstrom bzw. 440 Volt Gleichstrom. Soll sie für andere Verhältnisse benutzt werden, so ist das Resultat mit der Hilfszahl aus der nachfolgenden Tabelle zu multiplizieren, die den Verhältnissen des Sonderfalles entspricht.

Die Werte der Tabelle auf Seite 52 sind mit nachstehender Hilfszahl zu multiplizieren:

Induktionsfreie Installationsleitungen								
Bei Leitungen aus	Gleichstrom				Drehstrom			
	110 Volt	220 Volt	440 Volt	500 Volt	110 Volt	220 Volt	380 Volt	500 Volt
Kupfer	4	2	1	0,9	2	1	0,6	0,45
Aluminium	6,8	3,4	1,7	1,5	3,4	1,7	1	0,75
Zink	14	7	3,5	3	7	3,5	2	1,6
Eisen	32	16	8	7	—	—	—	—

Niederspannungs-Freileitungen für Drehstrom; 400 bis 500 mm Drahtabstand								
Bei Leitungen mit einem Querschnitt von	Drehstrom cos φ = 0,8							
	110 Volt		220 Volt		380 Volt		500 Volt	
qmm	Kupfer	Alum.	Kupfer	Alum.	Kupfer	Alum.	Kupfer	Alum.
10	2,3	3,6	1,1	1,8	0,7	1,1	0,5	0,8
15	2,4	3,8	1,2	1,9	0,7	1,1	0,5	0,8
25	2,6	4,0	1,3	2,0	0,8	1,2	0,6	0,9
35	2,9	4,3	1,4	2,1	0,6	1,2	0,6	0,9
50	3,2	4,6	1,6	2,3	0,9	1,3	0,7	1,0
70	3,7	5,0	1,8	2,5	1,1	1,4	0,8	1,1
95	4,2	5,6	2,1	2,8	1,3	1,6	0,9	1,2

Beispiele für die Anwendung der Formeln und der Tabelle von Seite 49 bis 53.

In der **Tabelle auf Seite 52 und 53** sind die Werte L · N in Abständen angegeben, welche es gestatten, etwa noch dazwischen liegende Werte mit genügender Genauigkeit zu schätzen. Bei Werten von L · N unter 100 ist zunächst der zehnfache Betrag aufzusuchen und das Resultat durch 10 zu teilen. Bei Werten von L · N über 1000 ist zunächst $^1/_{10}$ dieses Wertes anzuwenden und das Resultat mit 10 zu multiplizieren.

Beispiel 1.

Gegeben: $L \cdot N = 55$. Leitungsquerschnitt 4 qmm, 440 Volt Gleichstrom.
Gesucht: Spannungsabfall?
Lösung: Für $L \cdot N = 550$ und 4 qmm ist $e = 11{,}2$ Volt;
für $L \cdot N = 55$ und 4 qmm ist $e = 11{,}2 : 10 = 1{,}12$ Volt.

Beispiel 2.

Gegeben: $N = 16000$ für Motoren (= 16 kW), $L = 500$ m Freileitung, Stromart Drehstrom 380 Volt, Material „Aluminium", Querschnitt 95 qmm.
Gesucht: Spannungsabfall?
Lösung: $L \cdot N = 8000$ Aus der Tabelle auf Seite 52 ergibt sich für $L \cdot N = 800$ und 95 qmm 0,69 Volt, mithin für $L \cdot N = 8000$, $0{,}69 \cdot 10 = 6{,}9$ Volt. Nach der Hilfstabelle auf Seite 50 beträgt die Hilfszahl für Freileitungen, Drehstrom 380 Volt $\cos \varphi = 0{,}8$, 380 Volt. Aluminium 95 qmm **1,6**. Der Spannungsabfall ist also $6{,}9 \cdot 1{,}6 = 11$ Volt.

Beispiel 3.

Gegeben: $N = 12000$ Watt für Motoren. $L = 570$ m. Freileitung, Drehstrom 220 Volt. Spannungsabfall 8 % = 17,6 Volt.
Gesucht: Querschnitt und Material?
Lösung: Leistung ist bekannt, für Drehstrom gilt nach Seite 49 die Formel

$$q = \frac{L \cdot N}{k \cdot e \cdot E}; \text{ mithin ist } q \text{ für Kupfer} = \frac{570 \cdot 12000}{56 \cdot 17{,}6 \cdot 220} = 31{,}5 \text{ qmm}$$

Weil Freileitung mit Motorenbelastung ist nach Seite 50 q mit **1,4** zu multiplizieren. $q = 31{,}5 \cdot 1{,}4 = 44$, man wählt jedoch 50 qmm.

$$q \text{ für Aluminium} = \frac{570 \cdot 12000}{33 \cdot 17{,}6 \cdot 220} = 53{,}5 \text{ qmm}$$

Weil Freileitung mit Motorenbelastung ist nach Seite 50 q mit **1,3** zu multiplizieren. $q = 53{,}5 \cdot 1{,}3 = 70$ qmm.

Beispiel 4.

Gegeben: Dieselben Betriebsverhältnisse wie im Beispiel 3.
Gesucht: Energieverlust?
Lösung: Nach der Formel auf Seite 49 ist der prozentuale Energieverlust

$$p \text{ für Kupfer} = \frac{100 \cdot 570 \cdot 12000}{56 \cdot 50 \cdot 220 \cdot 220 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8} = 8\,\%$$

$$p \text{ für Aluminium} = \frac{100 \cdot 570 \cdot 12000}{33 \cdot 70 \cdot 220 \cdot 220 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}8} = 9{,}5\,\%$$

Beispiel 5.

Gegeben: $N = 2000$ (= 2 kW), $L = 55$ m Leitung in Rohr, Stromart Gleichstrom 220 Volt, Material „Kupfer", Spannungsabfall 10 Volt.
Gesucht: Leitungsquerschnitt?
Lösung: Nach der Hilfstabelle auf Seite 50 beträgt die Hilfszahl für Installationsleitungen, Gleichstrom, 220 Volt, Kupfer **2**. Der beim Aufsuchen des Leitungsquerschnittes in der Tabelle auf Seite 52 zu berücksichtigende Spannungsabfall ist somit $10 : 2 = 5$ Volt
$L \cdot N = 55 \cdot 2 = 110$, mithin ist nach Tabelle auf Seite 52 für $L \cdot N = 110$ und dem 5 Volt angenäherten (kleineren) Spannungsabfall von 3,6 Volt ein Leitungsquerschnitt von 2,5 qmm erforderlich.

Beispiel 6.

Gegeben: Eine Leitung 35 qmm Kupfer, $L = 240$ m, Gleichstrom 440 Volt, Spannungsverlust 3 %.
Gesucht: Leistung, die übertragen werden kann?
Lösung: Nach Tabelle auf Seite 53 überträgt bei Gleichstrom 440, eine Leitung von 35 qmm Querschnitt höchstens 44 kW und hat dabei für je 100 m Länge 2,3 % Spannungsabfall. Auf 240 m Länge würde der Spannungsabfall $2{,}3 \cdot 2{,}4 = 5{,}5\,\%$ betragen. Da er nur 3 % betragen soll, darf die Leitung nur mit $44 \times 3 : 5{,}5 = 24$ kW. belastet werden.

Spannungsabfall in Volt für induktionsfreie Kupferleitungen bei 220 Volt Drehstrom oder 440 Volt Gleichstrom.

L·N Länge × kW	Leitungsquerschnitt in qmm													
	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150
10	0,81	0.540	0,325	0,203	0,136	0,081	0.051	0.033	0.023	0.016	0.0116	0,0086	0,0068	0,0054
100	8,10	5.40	3.25	2,03	1.36	0.81	0.510	0,325	0,230	0,162	0.116	0,086	0.068	0,054
110	8.90	5.95	3.60	2.25	1.50	0,89	0.560	0.360	0,255	0,178	0,128	0.094	0.074	0,060
120	9.70	6.50	3.90	2,45	1.62	0.97	0.610	0.390	0.280	0.194	0,138	0.104	0.081	0,065
130	10.6	7,00	4.25	2,65	1.75	1.06	0.660	0,425	0.300	0.210	0,150	0,112	0,088	0.070
140	11.4	7,60	4,55	2.85	1,90	1,14	0.710	0,455	0.325	0.225	0,162	0.120	0.095	0.076
150	12,2	8.10	4.90	3,05	2,00	1.22	0,760	0.490	0.350	0.245	0,174	0.130	0.100	0,081
160	13.0	8,60	5.20	3,25	2,15	1,30	0,810	0,520	0.370	0.260	0.186	0.138	0.108	0,087
170	13.8	9.20	5.50	3.45	2,30	1.38	0.870	0,550	0.395	0.275	0.198	0,146	0.116	0.092
180	14,6	9.80	5,85	3.65	2.45	1.46	0.920	0.590	0.420	0.290	0.210	0.154	0.122	0,098
190	15,4	10.2	6,20	3.85	2.55	1.54	0.970	0.620	0,440	0.305	0.220	0.164	0.130	0.102
200	16.2	10,8	6,50	4.05	2.70	1,62	1.02	0.650	0.465	0.325	0.230	0.170	0.136	0.108
220	17.8	11.8	7.15	4.50	2,95	1.78	1.12	0.720	0.510	0.355	0.255	0,190	0.150	0.118
240	19.6	13.0	7.80	4,90	3.25	1.96	1,22	0,780	0.560	0.390	0.280	0.205	0.162	0.130
260	21,2	14.0	8.45	5.30	3,50	2,10	1.32	0,850	0.600	0,420	0.300	0.225	0.176	0.140
280	22,8	15.2	9,10	5,70	3.80	2.30	1.42	0.910	0.650	0,455	0,325	0,240	0,190	0,152
300	24,4	16.2	9.75	6.10	4,05	2.45	1.52	0.980	0.700	0.485	0.350	0.255	0.205	0,162
320	26.0	17.4	10.4	6.50	4.35	2.60	1.64	1.04	0.740	0.520	0.370	0,275	0.215	0.174
340	27,6	18,4	11.2	7,00	4.60	2,75	1,74	1.12	0.790	0.550	0,395	0.290	0.230	0.184
360	29.4	19,6	11.8	7.40	4.85	2.95	1.84	1.18	0.830	0.580	0,415	0,310	0.245	0.196
380	30.8	20.5	12.4	7,80	5.20	3.10	1.94	1.24	0,880	0.620	0,440	0.325	0.260	0.205
400	32.5	21.5	13.0	8.12	5.40	3.25	2,05	1,30	0.930	0,650	0.465	0.340	0,270	0.215
450	36.5	24.5	14,6	9.20	6.10	3,65	2,30	1.46	1,04	0.730	0.520	0.385	0.305	0,245
500	40.5	27.0	16.2	10.2	6.80	4.05	2.55	1,62	1.16	0.810	0.580	0.430	0.340	0.270
550	44.5	30.0	18.0	11,2	7.50	4,45	2,80	1.80	1.28	0.890	0.640	0.470	0,370	0,300
600	48.5	32.5	19.6	12.2	8.10	4.90	3,05	1.96	1.40	0.970	0.700	0.520	0.405	0,325
650	53,0	35.0	21,0	13.2	8.80	5.30	3,30	2,10	1.50	1.06	0.760	0.560	0.440	0,350
700	57,0	38.0	23.0	14,2	9.50	5.70	3.55	2,30	1,62	1.14	0.810	0.600	0.475	0.380
750	61.0	40.5	24,5	15.2	10.2	6,10	3,80	2.45	1.74	1.22	0.870	0.640	0.505	0.405
800	65.0	43.5	26,0	16,2	10.8	6,50	4.05	2.60	1.86	1,30	0.930	0.690	0,540	0.435
850	69,0	46.0	27,5	17,2	11.6	6.90	4,30	2,75	1,98	1,38	0,990	0.730	0,575	0,460
900	73,0	49.0	29,0	18,2	12.2	7.30	4.55	2.90	2.10	1.46	1.04	0,770	0,610	0,490
950	77,0	51.0	31,0	19,4	12,8	7,70	4,85	3,10	2,20	1,54	1,10	0,820	0,640	0,510
1000	81,0	54,0	32,5	20.3	13,6	8,10	5.10	3,25	2,30	1,62	1.16	0.860	0,680	0.540

Erläuterungen zur Benutzung dieser Tabelle auf Seite 50.

Zulässige Dauerstromstärken, Nennstromstärken der Sicherungen, Leistungen, die übertragen werden können, und Spannungsabfall in Volt und Prozent für je 100 m Strecke bei Belastung des induktionsfreien Kupfer-Leitungsquerschnittes mit der Nennstromstärke der Sicherung.

Querschnitt	Höchststrom	Nennstrom d. Sichrg			Gleichstrom			Drehstrom							
					110 Volt	220 Volt	440 Volt	110 Volt		220 Volt		380 Volt		500 Volt	
								cos φ		cos φ		cos φ		cos φ	
qmm	Amp.							1,0	0,8	1,0	0,8	1,0	0,8	1,0	0,8
1,5	14	10	Belastung	kW	1,1	2,2	4,4	1,9	1,52	3,8	3,04	6,6	5,25	8,65	6,9
			Spannungsabfall f. 100 m einfach. Länge	Volt	24	24	24	20,5	16,6	20,5	16,6	20,5	16,6	20,5	16,6
				%	21,5	10,8	5,4	18,6	15,0	9,3	7,5	5,4	4,3	4,1	3,3
2,5	20	15	Belastung	kW	1,65	3,3	6,6	2,86	2,28	5,7	4,55	9,85	7,85	13,0	10,4
			Spannungsabfall f. 100 m einfach. Länge	Volt	21,5	21,5	21,5	18,6	14,9	18,6	14,9	18,6	14,9	18,6	14,9
				%	19,4	9,7	4,8	16,8	13,4	8,4	6,7	4,9	3,9	3,7	3,0
4	25	20	Belastung	kW	2,2	4,4	8,8	3,8	3,04	7,6	6,1	13,2	10,5	17,3	13,8
			Spannungsabfall f. 100 m einfach. Länge	Volt	17,8	17,8	17,8	15,6	12,4	15,6	12,4	15,6	12,4	15,6	12,4
				%	16,2	8,1	4,1	14,2	11,2	7,1	5,6	4,3	3,5	3,1	2,5
6	31	25	Belastung	kW	2,75	5,5	11,0	4,75	3,8	9,5	7,6	16,5	13,1	21,8	17,3
			Spannungsabfall f. 100 m einfach. Länge	Volt	15,0	15,0	15,0	12,8	10,2	12,8	10,2	12,8	10,2	12,8	10,2
				%	13,6	6,8	3,4	11,6	9,3	5,8	4,7	3,4	2,7	2,6	2,0
10	43	35	Belastung	kW	3,85	7,7	15,4	6,7	5,3	13,3	10,6	23,0	18,4	30,4	24,2
			Spannungsabfall f. 100 m einfach. Länge	Volt	12,6	12,6	12,6	10,8	8,7	10,8	8,7	10,8	8,7	10,8	8,7
				%	11,4	5,7	2,8	9,9	7,9	4,9	3,9	2,8	2,3	2,2	1,7
16	75	60	Belastung	kW	6,6	13,2	26,4	11,4	9,1	22,8	18,2	39,6	31,6	52,0	41,5
			Spannungsabfall f. 100 m einfach. Länge	Volt	13,4	13,4	13,4	11,6	9,3	11,6	9,3	11,6	9,3	11,6	9,3
				%	12,2	6,1	3,1	10,6	8,5	5,3	4,2	3,0	2,4	2,3	1,9
25	100	80	Belastung	kW	8,8	17,6	35,2	15,2	12,2	30,4	24,4	52,5	42,0	69,5	55,5
			Spannungsabfall f. 100 m einfach. Länge	Volt	11,4	11,4	11,4	9,9	7,9	9,9	7,9	9,9	7,9	9,9	7,9
				%	10,4	5,2	2,6	9,0	7,2	4,5	3,6	2,6	2,1	2,0	1,6
35	125	100	Belastung	kW	11,0	22,0	44,0	19,0	15,2	38,0	30,4	66,0	52,5	86,5	69,0
			Spannungsabfall f. 100 m einfach. Länge	Volt	10,2	10,2	10,2	8,9	7,1	8,9	7,1	8,9	7,1	8,9	7,1
				%	9,3	4,6	2,3	8,1	6,5	4,0	3,2	2,3	1,9	1,8	1,4
50	160	125	Belastung	kW	13,8	27,5	55,0	23,8	19,0	47,5	38,0	82,0	66,0	108,0	87,0
			Spannungsabfall f. 100 m einfach. Länge	Volt	8,9	8,9	8,9	7,8	6,2	7,8	6,2	7,8	6,2	7,8	6,2
				%	8,1	4,0	2,0	7,0	5,6	3,5	2,8	2,0	1,6	1,6	1,2
70	200	160	Belastung	kW	17,6	35,2	70,5	30,4	24,4	61,0	48,5	105,0	84,0	138,0	111,0
			Spannungsabfall f. 100 m einfach. Länge	Volt	8,2	8,2	8,2	7,1	5,7	7,1	5,7	7,1	5,7	7,1	5,7
				%	7,4	3,7	1,9	6,4	5,1	3,2	2,6	1,9	1,5	1,4	1,1

Aufbau von Erdkabeln.

Art des Kabels	qmm	Bleimantel Wandstärke mm	Bleimantel Durchmesser mm	Gesamtdurchmesser mm
Marke PEF 700 Eisendrahtarmiertes, asphaltiertes Einfachbleikabel für Niederspannung.	**1,5**	1,1	7,1	**17**
	2,5	1,1	7,5	**17**
	4	1,2	8,2	**18**
	6	1,2	8,7	**19**
	10	1,2	9,5	**19**
Marke PER 700 Eisenbandarmiertes, asphaltiertes Einfachbleikabel für Niederspannung.	**16**	1,2	11,5	**23**
	25	1,2	12,8	**24**
	35	1,3	14,2	**25**
	50	1,3	15,8	**27**
	70	1,4	17,7	**29**
	95	1,4	19,5	**31**
	120	1,5	21,2	**33**
	150	1,6	23,6	**36**
	185	1,7	25,6	**38**
	240	1.8	28,7	**41**
	310	1,9	31,7	**44**
Marke PDVF 700 Eisendrahtarmiertes, asphaltiertes Dreifachbleikabel für Niederspannung.	**1,5**	1,3	12,9	**23**
	2,5	1,3	13,7	**24**
	4	1,4	15,0	**25**
	6	1,4	16,1	**26**

Aufbau von Erdkabeln.

Art des Kabels	qmm	Bleimantel Wandstärke mm	Bleimantel Durchmesser mm	Gesamtdurchmesser mm
Marke PDVR 700 Eisenbandarmiertes, asphaltiertes Dreifachbleikabel f. Niederspannung.	**10**	1,4	17,8	**29**
	16	1,6	21,4	**33**
	25	1,7	24,4	**36**
	35	1,8	27,5	**40**
	50	1,9	30,9	**43**
	70	2,0	34,7	**47**
	95	2,1	38,8	**51**
	120	2,2	42,3	**54**
	150	2,4	46,3	**58**
	185	2,6	51,2	**63**
	240	2,7	56,6	**69**
	310	2,9	63,8	**76**
Marke SPDVR 700 Sektorförmiges, eisenbandarmiertes, asphaltiertes Dreifachbleikabel für Niederspannung	**16**	1,4	17,5	**29**
	25	1,5	19,9	**31**
	35	1,7	23,9	**36**
	50	1,8	26,8	**39**
	70	1,9	30,1	**42**
	95	2,0	33,6	**46**
	120	2,1	36,5	**49**
	150	2,2	42,2	**54**
	185	2,6	49,6	**62**
	240	2,7	55,3	**67**
	310	2,9	62,4	**74**

Marke PDVR 6000 Marke PDVR 10000 Marke PDVR 15000

Art des Kabels		qmm	Wandstärke mm	Durchmesser mm	Gesamtdurchmesser mm
Eisenbandarmiertes, asphaltiertes Dreifachbleikabel für **Hochspannung**	6000 V.	**10**	1,7	25,7	**38**
	10000 V.	**10**	2	33,8	**46**
	15000 V.	**25**	2,4	47	**59**

Aufbau, Gewicht und Widerstand blanker Leitungen.

Querschnitt	Kupfer				Aluminium				Eisen			
	Anzahl und Durchm. der einzelnen Drähte	Außen-Durchmesser des Gesamt-Drahtes	Widerstand für 1000 m	Gewicht für 1000 m	Anzahl und Durchm. der einzelnen Drähte	Außen-Durchmesser des Gesamt-Drahtes	Widerstand für 1000 m	Gewicht für 1000 m	Anzahl und Durchm. der einzelnen Drähte	Außer-Durchmesser des Gesamt Drahtes	Widerstand für 1000 m	Gewicht für 1000 m
qmm	mm	mm	Ohm	kg	mm	mm	Ohm	kg	mm	mm	Ohm	kg
1	—	1,23	17,80	9,0	—	—	—	—	—	—	—	—
1,5	—	1,38	11,88	13,5	—	—	—	—	—	—	—	—
2,5	—	1,78	7,12	22,5	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	2,26	4,45	36,0	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	2,76	2,96	54,0	—	2,76	5,08	16	—	2,8	—	50
10	—	3,5	1,78	89,0	—	3,5	3,05	27	—	3,6	—	80
16	—	4,5	1,115	143	—	4,5	1,91	43	—	4,5	—	130
16	7×1,7	5,2	1,115	150	7×1,7	5,2	1,91	46	19×1,1	5,5	8,15	150
25	—	5,65	0,715	223	—	5,65	1,22	68	—	5,7	—	205
25	7×2,1	6,5	0,715	234	7×2,1	6,5	1,22	71	19×1,3	6,5	6,00	210
35	7×2,5	7,7	0,510	328	7×2,5	7,7	0,874	100	19×1,6	8,0	4,25	320
50	14×2,1	9,2	0,356	468	14×2,1	9,2	0,610	143	19×1,8	9,0	3,35	400
70	19×2,1	10,9	0,255	655	19×2,1	10,9	0,437	200	37×1,6	11,2	2,30	625
95	19×2,5	12,7	0,188	889	19×2,5	12,7	0,322	271	37×1,8	12,6	1,90	785
120	19×2,8	14,2	0,149	1123	19×2,8	14,2	0,255	342	49×1,8	16,2	1,45	1070
150	30×2,5	15,9	0,119	1404	30×2,5	15,9	0,203	428	49×2,0	18,0	1,25	1320

Gewichte von Kupferschienen.

Querschnitt in qmm	Gewicht pro m kg	Maße der Schienen mm
20	0,18	10×2
30	0,27	12×2,5
		10×3
36	0,324	12×3
39	0,351	13×3
45	0,405	15×3
60	0,54	15×4
		12×5
		10×6
65	0,585	13×5
75	0,675	15×5
80	0,72	20×4
90	0,81	18×5
100	0,9	20×5

Querschnitt in qmm	Gewicht pro m kg	Maße der Schienen mm
100	0,9	25×4
104	0,936	26×4
108	0,972	18×6
120	1,08	20×6
		15×8
125	1,125	25×5
140	1,26	20×7
150	1,35	25×6
		30×5
		50×3
175	1,575	25×7
		35×5
180	1,62	30×6
182	1,64	26×7

Querschnitt in qmm	Gewicht pro m kg	Maße der Schienen mm
200	1,8	25×8
		40×5
210	1,89	30×7
225	2,02	45×5
240	2,16	30×8
250	2,25	25×10
		50×5
280	2,52	35×8
290	2,61	58×5
300	2,7	30×10
		20×15
320	2,88	40×8
350	3,15	35×10
360	3,24	45×8

Querschnitt in qmm	Gewicht pro m kg	Maße der Schienen mm
400	3,6	40×10
		50×8
420	3,78	35×12
480	4,32	40×12
500	4,5	25×20
		50×10
600	5,4	50×12
		60×10
720	6,48	60×12
800	7,2	80×10
1000	9,0	100×10
1200	10,8	100×12
1500	13,5	150×10

Mindestabstände von Leitungen.

(Nach den Errichtungsvorschriften des V. D. E.)

Art der Leitung		Mindestabstand von einander	Mindestabstand von Gebäudeteilen	Mindestabstand von der Erde
Blanke Niederspannungsleitungen	bei Spannweiten über 6 m	20 cm	5 cm	2,5 m
	bei Spannweiten von 4—6 m	15 cm		
	bei Spannweiten von 1—4 m	10 cm		
	bei Spannweiten unter 1 m (in feuchten Räumen)	5 cm		5 m
Blanke Hochspannungsleitungen	bei Spannungen bis 1500 Volt	5 cm	5 cm	6 m, bei Wegübergängen 7 m
	bei Spannungen bis 3000 Volt	7.5 cm	7.5 cm	
	bei Spannungen bis 6000 Volt	10 cm	10 cm	
	bei Spannungen bis 12000 Volt	12.5 cm	12.5 cm	
	bei Spannungen bis 24000 Volt	18 cm	18 cm	
	bei Spannungen bis 35000 Volt	24 cm	24 cm	
	bei Führung an der Außenseite eines Gebäudes		1 cm, für je 1000 Volt mind. 10 cm	
Isolierte offen verlegte Leitungen	für Niederspannung im Freien		2 cm	
	für Niederspannung in Gebäuden		1 cm	
	für Hochspannung unter 1000 Volt		2 cm	

Lichte Weite von Isolierrohren für gegebene Leitungsquerschnitte.

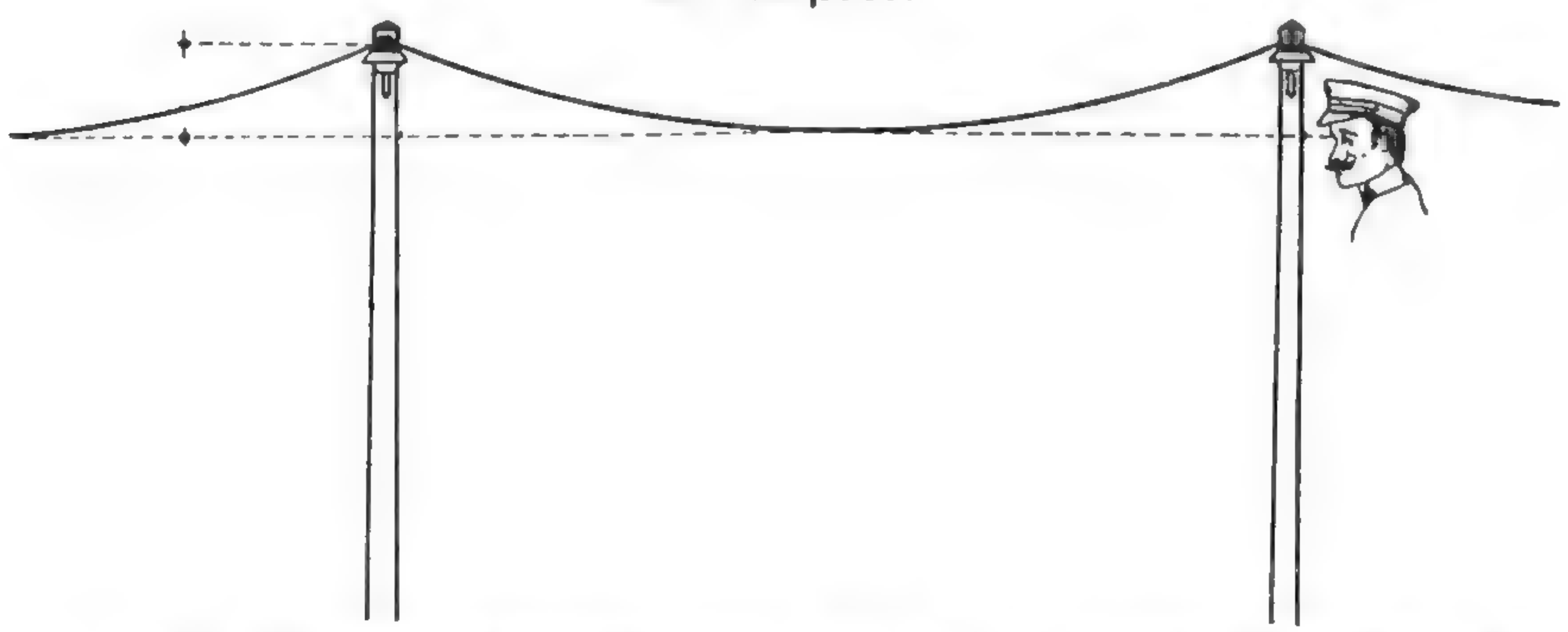
Zahl und Art** der Leitung	Auf Putz – Querschnitt in qmm 1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185
1 NGA	11	11	11	11	*13,5	13,5	*16	16	21	*23	23	29	29	36	36
2 NGA	*13,5	13,5	*16	16	*21	*23	23	29	36	—	—	—	—	—	—
3 NGA	*13,5	*16	16	*21	21	23	29	36	36	—	—	—	—	—	—
1 CSW	—	—	—	—	11	11	13,5	*16	*21	21	*23	23	*29	29	—
1 NGA + 1 CSW	*11	*13,5	13,5	*16	*16	21	*23	—	—	—	—	—	—	—	—
2 NGA + 1 CSW	*13.5	*16	16	*21	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Zahl und Art** der Leitung	Unter Putz – Querschnitt in qmm 1	1,5	2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185
1 NGA	13,5	13,5	13.5	13.5	13.5	16	*21	21	23	23	29	*36	36	—	—
2 NGA	13,5	*16	16	21	21	*29	29	—	—	—	—	—	—	—	—
3 NGA	13,5	16	*21	21	23	*29	29	36	36	—	—	—	—	—	—
1 CSW	—	—	—	—	13,5	*16	16	*21	21	23	*23	*29	29	—	—
1 NGA + 1 CSW	13,5	13,5	13,5	16	21	23	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 NGA + 1 CSW	13,5	16	16	21	*23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Bei den mit vorstehendem Zeichen versehenen Rohrweiten kann für kürzere Strecken (Schalterherunterführungen) der nächst kleinere Durchmesser verwendet werden.

** siehe Seite 21.

Mindest-Durchhang von Niederspannungs-Freileitungen aus Kupfer.



Für die Festigkeitsberechnung von Freileitungen bestehen **Normalien für Freileitungen** des V. D. E. welche angeben, wie stark die Leitungsdrähte höchstens gespannt werden dürfen, damit sie bei niederer Temperatur, bei Winddruck, Eis- und Schneebelastung nicht unzulässig beansprucht werden. Eine geringere Beanspruchung, also ein größerer Durchhang, ist jedoch zugelassen. Dieser wird sich immer dort empfehlen, wo die Stützpunkte nicht ausreichen, um die hohen Zugkräfte aufzunehmen, welche sich nach den Normalien ergeben. Mit den hohen Zusatzbelastungen ist auch nur bei großen Spannweiten und kleinen Querschnitten, vor allem also bei ausgedehnten Fernleitungen zu rechnen.

Bei Niederspannungsfreileitungen in Stromverbrauchsanlagen und auch noch in kleinen Ortsnetzen handelt es sich meist um wenige Befestigungspunkte einer Leitungsstrecke mit unregelmäßigen Stützpunktabständen, die nur zum Teil aus Masten (meist Holzmasten), im übrigen aus Gebäudeteilen gebildet werden, welche sich im Verlauf der Leitung als Stützpunkte darbieten. Die Stützpunktabstände sind daher in der Regel nicht der freien Wahl überlassen und bewegen sich meist zwischen 30 und 50 m. In der Praxis hat sich hierbei ergeben, daß man die kleinsten Querschnitte aus Gründen des guten Aussehens straffer spannt als stärkere, jedoch sollten die Werte der nachstehenden Tabelle, welche die gebräuchlichsten Durchhänge wiedergibt, nicht unterschritten werden. Werden Leitungen verschiedener Querschnitte an dem gleichen Gestänge geführt, so gibt man ihnen den gleichen Durchhang, nämlich den der stärksten Leitung. Der seitliche Abstand der Leitungen soll nicht unter 40 cm bei 50 m Spannweite betragen.

Spannweite	Durchhang in cm bei + 10 ° C und Leitungsquerschnitten von qmm							bei + 25° für alle Querschnitte	bei — 10° für alle Querschnitte
m	10	16	25	35	50	70	95	größer um cm	kleiner um cm
30	30	30	30	40	50	60	70	6	12
40	40	40	40	50	60	70	80	8	16
50	60	60	60	60	70	80	90	10	20

Verlegung von Isolierrohr auf dem Putz.

Isolierrohr mit Messingmantel oder verbleitem Eisenmantel wird in Stangen von 3 m geliefert. Die Verbindung zweier Rohre geschieht durch aufgeschobene Metallmuffen ohne Isolierauskleidung, wobei darauf zu achten ist, daß zwischen den beiden Rohrenden keine Lücke bleibt. Jedes Rohr ist am Ende „abzumanteln“, d. h. der Metallmantel ist etwa 1 cm lang zu entfernen. Hierzu wird er ringsherum mit dem Montagemesser eingeschnitten und nach Lösen des Falzes abgehoben (Abb. 1). Das Aufschieben der Muffen geschieht nach leichtem Anwärmen derselben mit der Spirituslampe. Diese hat sich gegenüber der teureren und empfindlichen Benzinlampe für alle die Zwecke bewährt, wo es sich nicht um das Löten von Metallteilen handelt (Abb. 2). Die Rohre lassen sich mit Hilfe einer Biegezange so biegen, daß sie sich der Form des Mauerwerkes genügend anpassen (Abb. 3). Die Verwendung fertiger Ellbogen ist nur da am Platze, wo sich der gleiche Bogen in größerer Anzahl wiederholt. Sonst ist es sparsamer, die Rohre auf dem Bau zu biegen, da man so weniger Stoßstellen im Rohr bekommt und die ganzen Rohrlängen ohne Abfall verarbeiten kann. Für jede Rohrweite ist eine besondere Biegezange zu nehmen. Nicht passende Zangen ergeben unbrauchbare Bogen und Rohrverletzungen (Abb. 4). Das Abschneiden des Rohres geschieht einfach durch einen ringsumlaufenden Schnitt mit dem Montagemesser (Abb. 5).

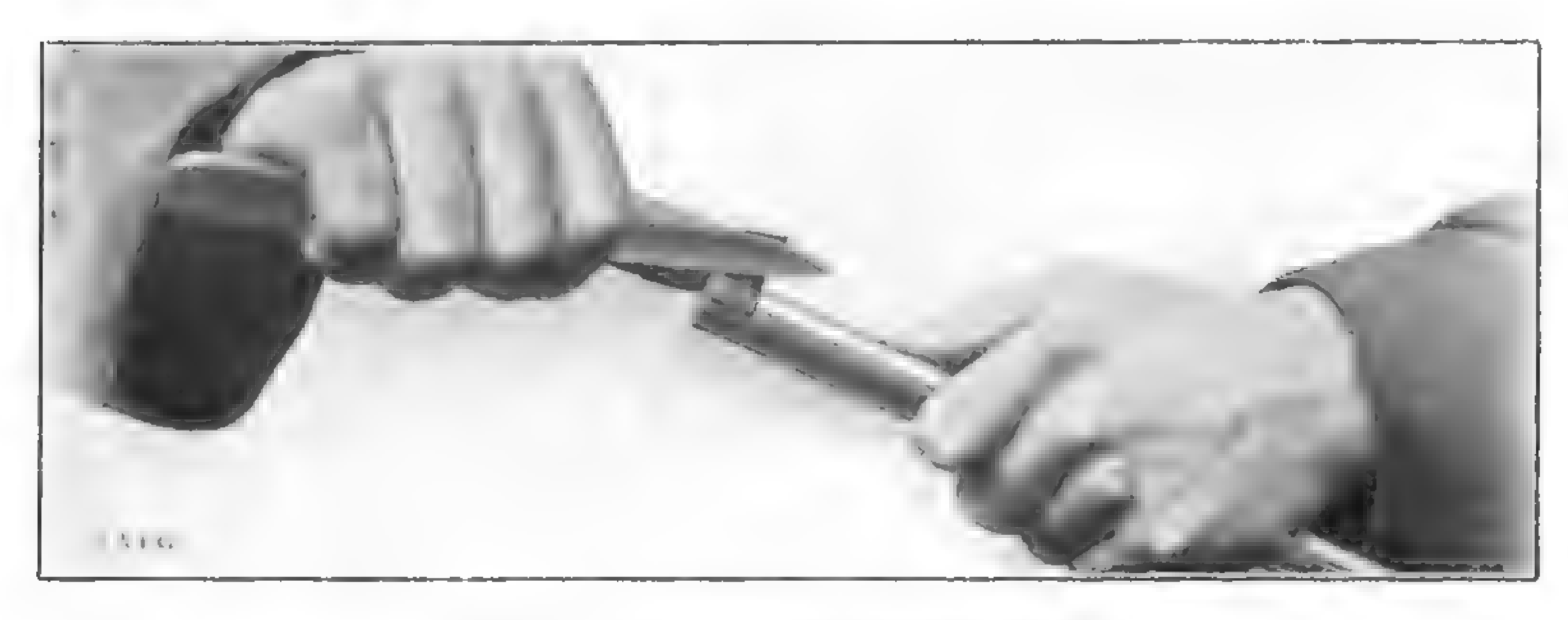


Abb. 1. Abmanteln des Rohrendes.

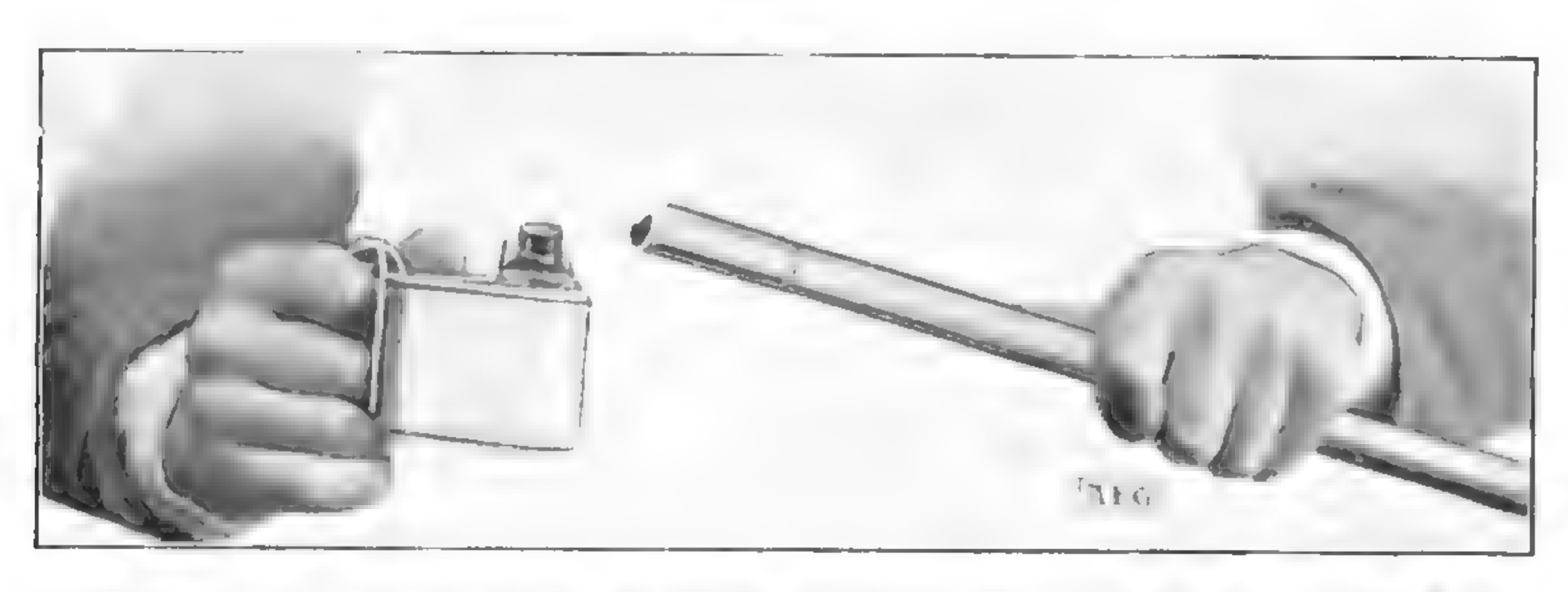


Abb. 2. Anwärmen der Muffe mit der Spirituslampe vor dem Aufschieben auf das Rohr.



Abb. 3. Biegen des Isolierrohres.



Abb. 5. Abschneiden des Isolierrohres.



Abb. 4. Biegezange für Isolierrohre.

Wo das Biegen von Rohren kein genügendes Anpassen an das Mauerwerk gestattet, greift man zu Winkelstücken (Abb. 12). Diese sollen das Einziehen und Ausziehen des Drahtes ermöglichen und sind daher teilbar. T-Stücke gleicher Art sollen nur da verwendet werden, wo der Weg zweier Leitungen sich teilt, ohne daß ein Abzweig des Drahtes notwendig ist; denn Lötstellen in T-Stücken zu machen, ist verboten. Bei Leitungsabzweigen verwende man ausschließlich Abzweigdosen und Abzweigklemmen. Die gewöhnlichen Dosen zur Verlegung auf dem Putz haben vier, die größeren acht in der Isolierauskleidung ausgesparte Löcher. Der Metallmantel ist jedoch geschlossen, und lediglich eine eingeprägte Wulst läßt die Lage der Löcher erkennen. Auf der Montage werden dann nur gerade die notwendigen Löcher geöffnet, indem man entweder mit einigen Feilstrichen den Wulst durchfeilt oder das kreisrunde Metallstück mit dem Messer ausschneidet (Abb. 6). Räumlich kleiner und daher besser im Aussehen sind dagegen



Abb. 6. Die im Blechmantel markierten Anschlußlöcher werden mit dem Messer ausgeschnitten.



Abb. 8.
Auf das angewärmte Rohrende wird eine gebogene Endtülle aufgesetzt.

Dosen mit eingepreßten oder eingelegten Klemmen. Zum Oeffnen der vorgesehenen Rohranschlüsse genügt hier das Durchstoßen der dünnen Zwischenwand mit einem Schraubenzieher oder dergleichen (Abb. 7). Den Rohren, welche weder in Abzweigdosen oder dergleichen noch in Apparaten, Schaltern usw. endigen, werden zum Schutz der Drahtisolation Endtüllen aufgesteckt. Bei freiem Endigen auf der Wand sind die geraden Endtüllen zu verwenden, die z. B. bei Herunterführungen zu Schaltern benutzt werden, wenn die Drähte im übrigen offen verlegt sind. Beim Endigen der Rohrleitung auf der Decke, z. B. an Beleuchtungskörpern, empfiehlt sich die Anwendung gebogener Endtüllen (Abb. 8).

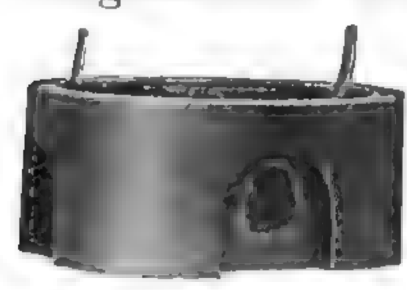


Abb. 7.
Kleine Tenacitdose, bei der der Rohranschluß durch Durchstoßen einer dünnen Wand geöffnet wird.



Abb. 9. Ein mit Kreide oder Kohle bestrichener Bindfaden wird gespannt und gezupft. (Vorzeichnen durch Schnurschlag.)



Abb. 10. Neben der vorgezeichneten Schalterleitung werden die Stahldübel mit Setzeisen eingetrieben.



Abb. 11.
Neben einer bereits verlegten Rohrleitung kann man die Stahldübel ohne weiteres Vorzeichnen eintreiben.

Zur Verlegung von Isolierrohr auf dem Putz muß der Verlauf desselben vorgezeichnet werden, damit die Befestigungsstellen festliegen. Als Befestigung werden stets Schellen verwendet, die meist durch Stahl-

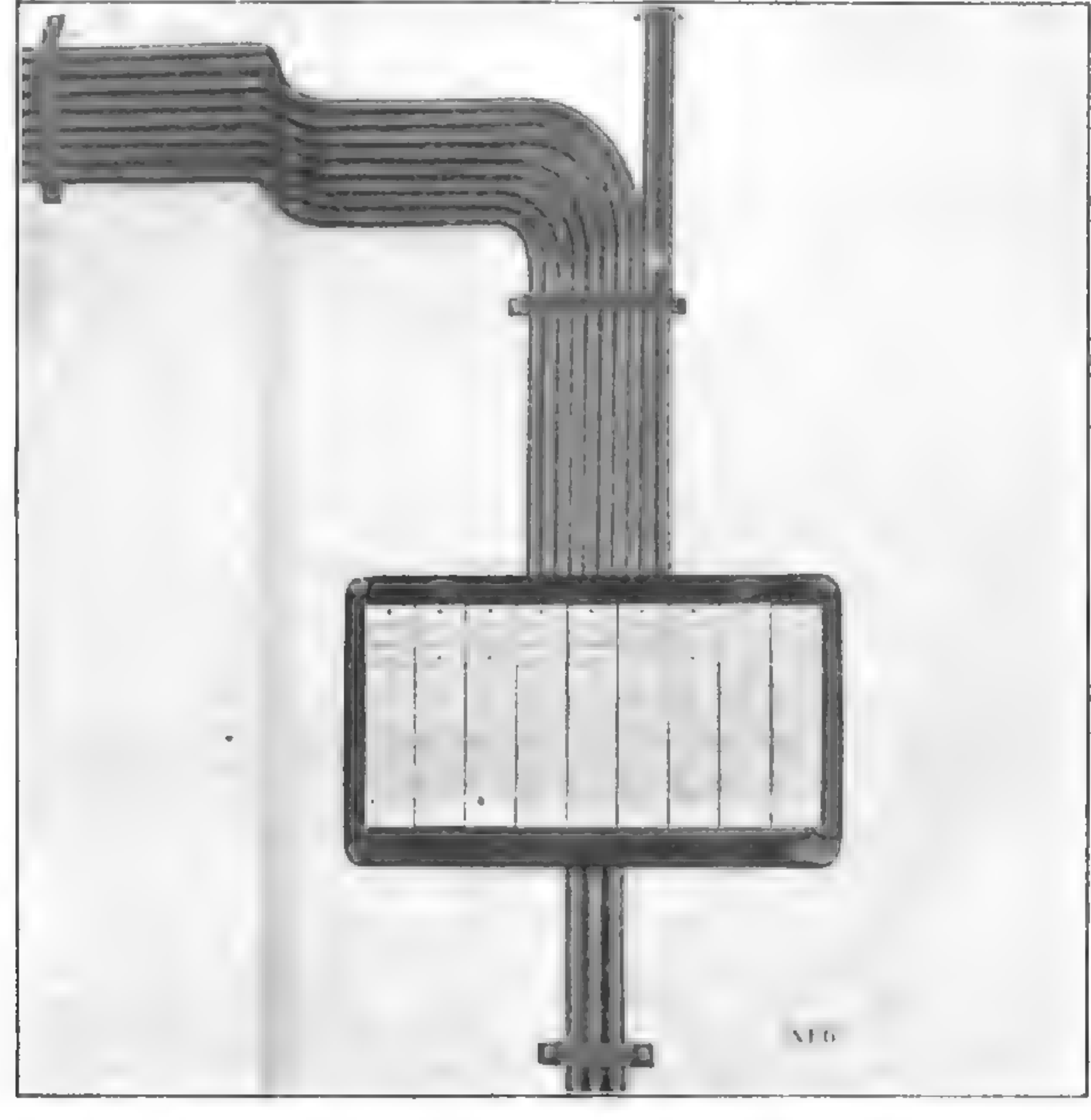


Abb. 12. Fertige Rohrverlegung an einer Lichtverteilung. (Der vorspringende Pfeiler zwingt zur Anwendung von Winkelstücken.)

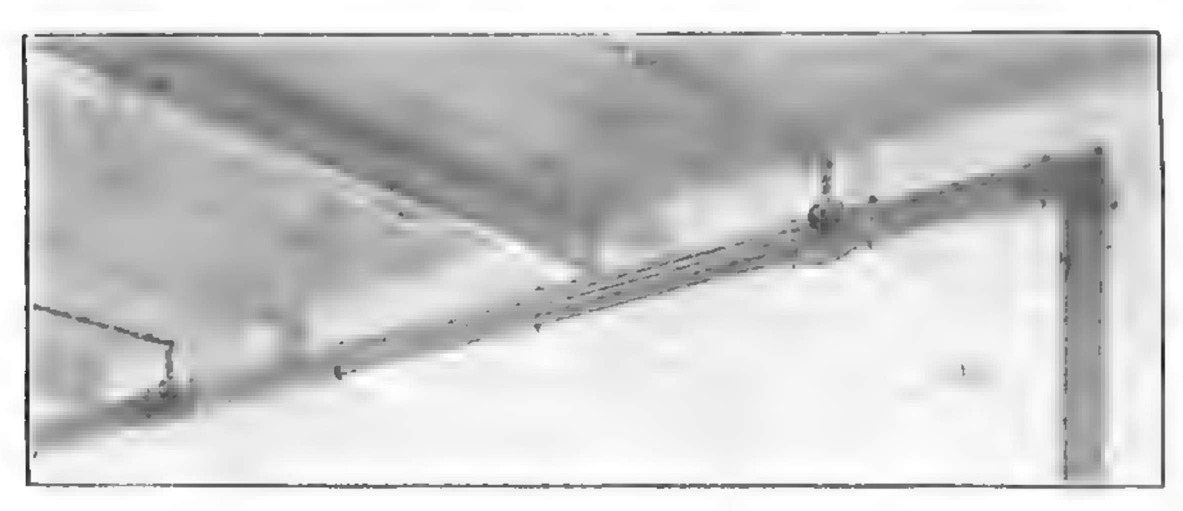


Abb. 16. Falsche Verlegung der Rohre an der Dose. (Die unteren drei Rohre bilden einen „Wassersack“.)

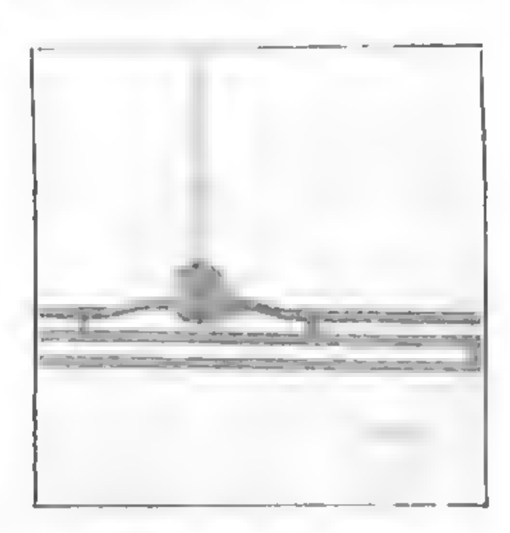


Abb. 17. Richtige Verlegung an der Dose.

dübel gehalten werden. Mit einem Bindfaden, der durch Kreide oder Kohle gezogen ist, wird ein „Schnurschlag“ auf der Wand gemacht, so daß sich ein gerader Strich bildet (Abb. 9). In angemessenem Abstand neben diesem werden die Stahldübel mit einem Setzeisen direkt in die Wand getrieben (Abb. 10). Handelt es sich um Eisenbeton-Mauerwerk, so muß in der Regel das Loch für den Stahldübel mittels Rohrbohrer vorgebohrt werden. In dem harten Material genügt zur

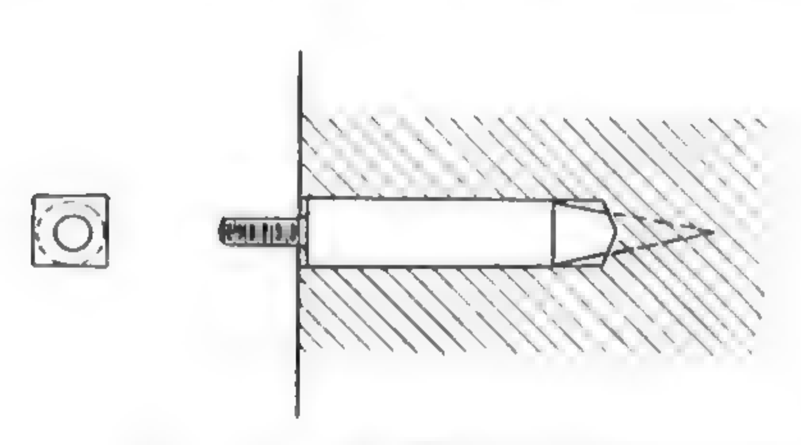


Abb. 13. Bei Eisenbeton-Mauerwerk werden die Stahldübel in ein rundes, vorgebohrtes Loch eingetrieben.

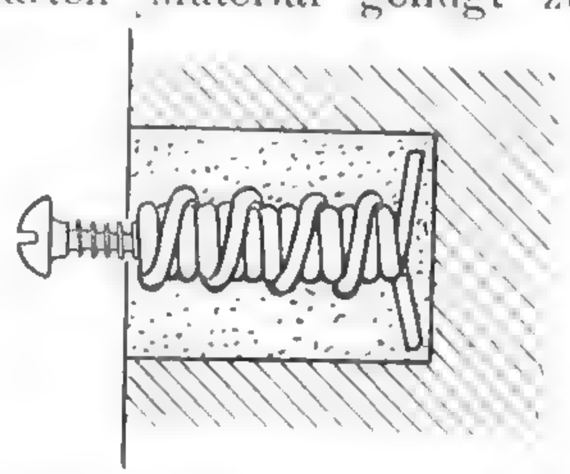


Abb. 14. In Hohlziegel-Mauerwerk und dergl. müssen Spiraldübel eingegipst werden.

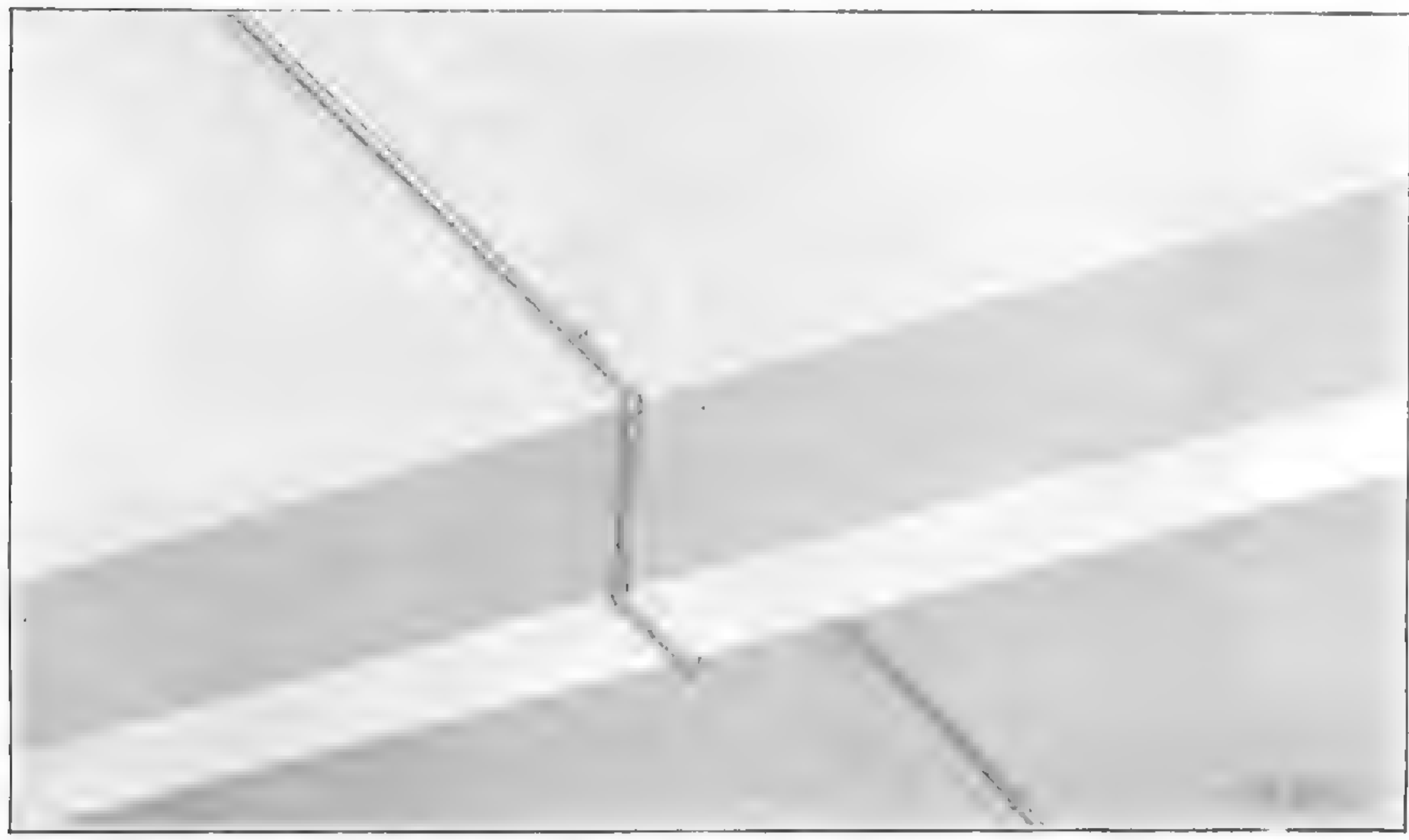


Abb. 15. Bei der Umführung von Balken lassen sich U-förmige Bogen nicht vermeiden. Hier sind aber Winkelstücke zum Oeffnen anzuordnen.

Befestigung das Eintreiben des viereckigen Dübels in das runde Loch (Abb. 13). Muß die Befestigung in Mauerwerk erfolgen, das zum Eintreiben von Stahldübeln nicht genügend fest ist, wie Hohlziegelwände oder -decken, Rohrdecken und dergl., so müssen mit Gips eingesetzte Spiraldübel verwendet werden. Mit Rohrbohrern lassen sich leicht die kreisrunden Löcher herstellen, in die sich die Dübel (nach Anfeuchten des Mauerwerks) mittels Gips sauber einsetzen lassen (Abb. 14). Verlaufen mehrere Rohre nebeneinander, so kann die Befestigung durch gemeinsame Schellen geschehen, so daß je nur zwei Dübel notwendig werden. Der Abstand von Schelle zu Schelle soll in der Regel etwa 80 cm betragen. Hierbei ist zu beachten, daß etwa 10 cm von jedem Winkel- oder T-Stück jeder Abzweigdose und jedem Rohrende eine Schelle sitzen muß. Der allgemeine Verlauf der Rohre soll so sein, daß sich nirgends Wasser ansammeln kann; „Wassersäcke" sind also zu vermeiden. Wenn z. B. bei der Umgehung von Unterzügen die Form eines nach unten gerichteten Bogens notwendig ist (Abb. 15), so sind hier doch teilbare Winkelstücke zu verwenden, welche bei Ansammlung von Wasser geöffnet werden können. Dagegen sollen derartige Bogen auf der Wand (Abb. 16) keinesfalls vorkommen. Die richtige Verlegung der Rohre an solchen Punkten zeigt Abb. 17.



Abb. 18. Vorgezeichnete Nische für Verteilungstafel und Rohrkanal. Rechts ein ausgestemmter Kanal für eine Schalterleitung.

Verlegung von Isolierrohr unter dem Putz.

Das Verlegen von Rohren unter dem Putz erfolgt in der Regel sofort nach Fertigstellung des Rohbaues, also vor dem Beginn des Putzens. Die Rohre sollen nicht „im" Putz, sondern „unter" dem Putz liegen, d. h. sie sollen mit der rohen Mauerwerkswand bündig liegen. Im anderen Fall werden sie einmal beim Putzen leicht beschädigt, ein andermal ist auch die Stärke des Putzes ungleichmäßig und nicht immer so ausreichend, daß die dünne Putzschicht über den Rohren nicht abfallen würde. Hieraus ergibt sich, daß zur Einbettung der Rohre Kanäle aus dem Mauerwerk ausgestemmt werden müssen. Zu diesem Zweck muß der Verlauf der Rohre vorgezeichnet werden. Hier kann man sich mit Rücksicht auf die unregelmäßige Oberfläche der Wände nicht des Abschnürens bedienen. Es kommt auch auf vollkommene Geradlinigkeit der Striche nicht an, da bei wagerechten Kanälen die Mauerfugen die Richtung geben und der genaue Verlauf der Rohre ohne Bedeutung ist. Man zeichnet daher die Kanäle mit



Abb. 20. Die in Abb. 18 dargestellte Verteilung nach dem Ausstemmen.

Kohle vor. Kanäle für ein Rohr werden durch einen Strich markiert, breitere Kanäle durch zwei Striche in entsprechendem Abstand (Abb. 18). Beim Vorzeichnen beachte man, daß Tragepfeiler, schwache Wände u. dgl. nur mit Genehmigung der Bauleitung angestemmt werden dürfen.

Wagerechte Kanäle für ein Rohr lassen sich am leichtesten unter Benutzung einer Mauerfuge dadurch herstellen, daß die Ecke eines Steines abgeschlagen wird (Abb. 19). Für das Einlassen von Abzweigdosen, Schaltern, Verteilungszentralen usw. sind entsprechende Aussparungen mit aus-

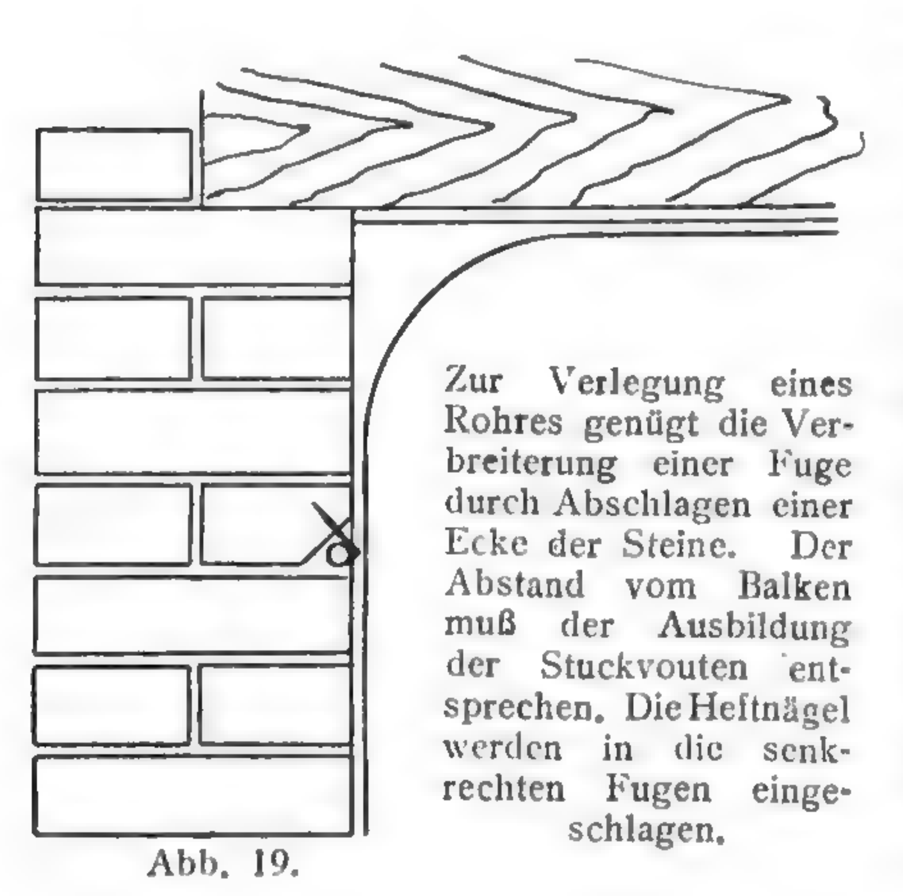


Abb. 19.

Zur Verlegung eines Rohres genügt die Verbreiterung einer Fuge durch Abschlagen einer Ecke der Steine. Der Abstand vom Balken muß der Ausbildung der Stuckvouten entsprechen. Die Heftnägel werden in die senkrechten Fugen eingeschlagen.

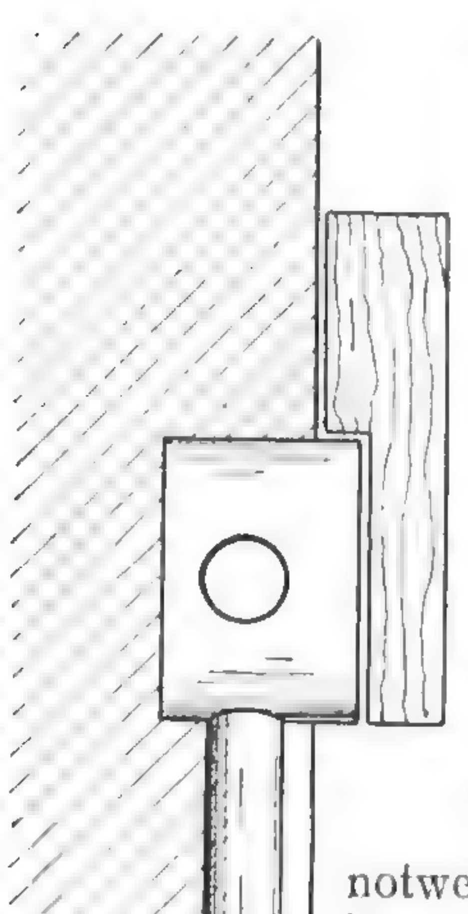


Abb. 22. Zum genauen Einsetzen der Dosen wird eine Holzschablone benutzt, die der Stärke des Putzes entspricht.

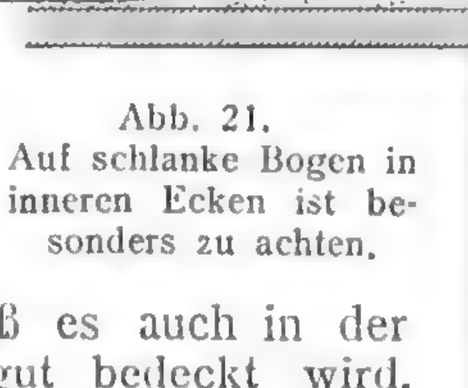


Abb. 21. Auf schlanke Bogen in inneren Ecken ist besonders zu achten.

zustemmen. Insbesondere ist darauf zu achten, daß das Rohr stets in schlankem Bogen geführt werden kann. Vor allem bei inneren Ecken (Abb. 21) muß das Rohr so tief eingelassen werden, daß es auch in der Mitte des Bogens gut bedeckt wird. Da bei Verlegung unter Putz das Auswechseln von Drähten stets mit Sicherheit möglich sein muß, macht sich bei langen Strecken unter Umständen auch die Anordnung von Durchgangsdosen notwendig, die nur dem Zweck dienen, nicht gar zu große Drahtlängen einziehen zu müssen. Verzweigungen von Leitungswegen müssen hier stets durch Dosen hergestellt werden. Die Anordnung der Dosen muß wohl überlegt werden. Zunächst ist darauf zu achten, daß sie nicht durch später anzubringende Stuckvouten verdeckt werden. Sie dürfen also nicht hart an der Decke sitzen, sondern man wählt in der Regel die sechste Schicht unter dem Balken. Dann ist darauf zu achten, daß sie in einem Raum alle in gleicher Höhe sitzen, da man nach dem Putzen nur noch die Dosendeckel, nicht aber die Rohre sieht. Damit die Dosen

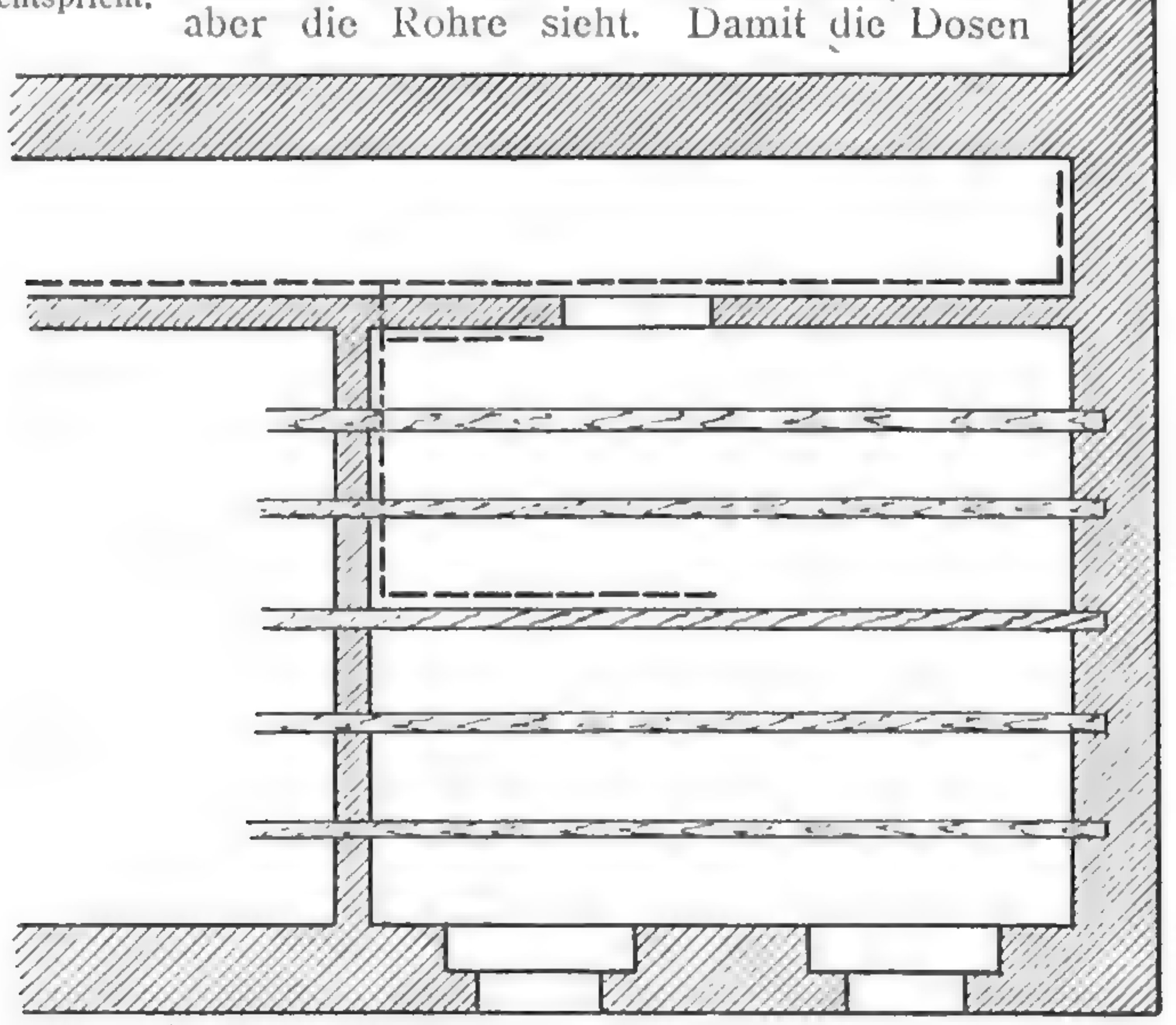


Abb. 23. Die Deckenübergänge sollen den Balken parallel laufen, damit die Rohre an den Seiten der Balken befestigt werden können. (Die punktierte Linie zeigt den Verlauf der Leitungsrohre.)

nach dem Putzen mit der Wandfläche bündig sitzen, empfiehlt sich die Verwendung einer Holzschablone (Abb. 22), welche der Stärke des Putzes entspricht und für ebene Lage der Dose sorgt. Ferner ist auf den Abstand der Schalter von den Türöffnungen zu achten. Da die Türfutter (Türbekleidung) noch nicht vorhanden sind, soll man möglichst deren Breite kennen. In der Regel genügt ein Abstand des Schalters von 25 cm von der Mauerkante. Hieraus ergibt sich auch, daß man die Drehrichtung der Türen kennen muß, damit die Schalter nicht hinter den Türen, sondern an derjenigen Seite sitzen, an der sich die Türschlösser befinden. Die Schalterhöhe muß ebenfalls vom Balken aus gemessen werden, da auch der Fußboden nicht fertig ist. Hierfür nimmt man meist 1,25 m. Handelt es sich um die Anbringung von Paneelen, Wandbekleidungen mit Kacheln, Mettlacher Platten u. dgl., so bedarf es genauer Angaben über deren Höhe und Ausführung, da die Schalter nicht gerade an der Kante oder im Gesims des Paneels sitzen können, auch häufig in wagerechter Richtung eine ganz bestimmte Stelle in die Zeichnung der Bekleidung einnehmen müssen (Abb. 18).

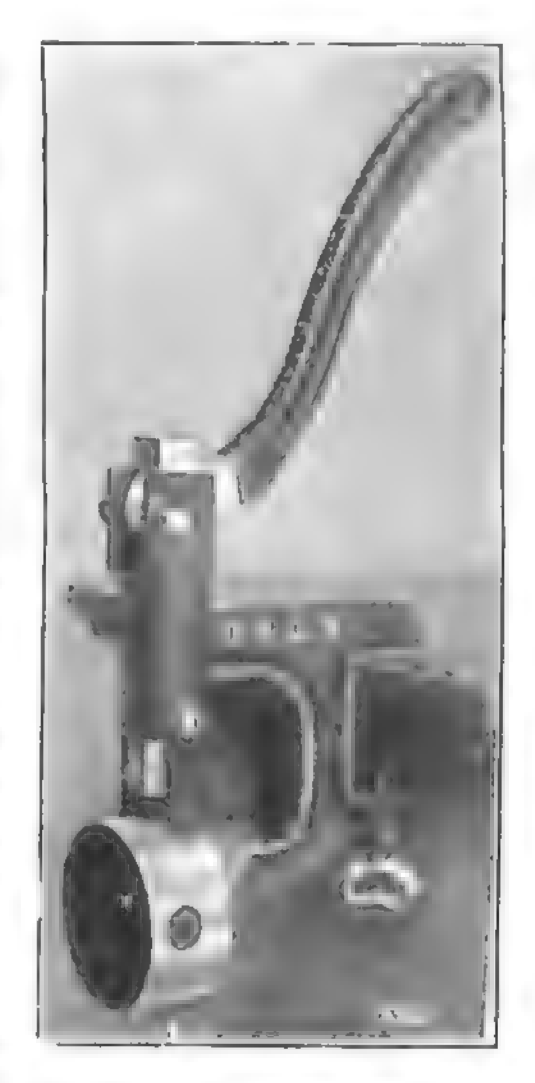


Abb. 24. Lochen der Dosen mit Metallmantel an der Arbeitsstelle.

Die Verlegung von Isolierrohr mit Metallmantel geschieht nach dem Ausstemmen der Kanäle ebenso wie auf dem Putz. Lediglich die Befestigung braucht nicht mit Schellen zu erfolgen. Es genügt, wenn die Rohre mit Drahtstiften geheftet werden, die schräg in die Fugen wechselweise nach oben und unten eingeschlagen werden. Nach der Verlegung des Rohres empfiehlt es sich, die Rohre dadurch vollkommen festzulegen, daß sie entweder in Abständen von 1—2 m oder auch im ganzen Verlauf mit Gips bis zur Ebene



Abb. 25.
Verlegung des Hartgummirohrs. Heften mittels Drahtstifte.

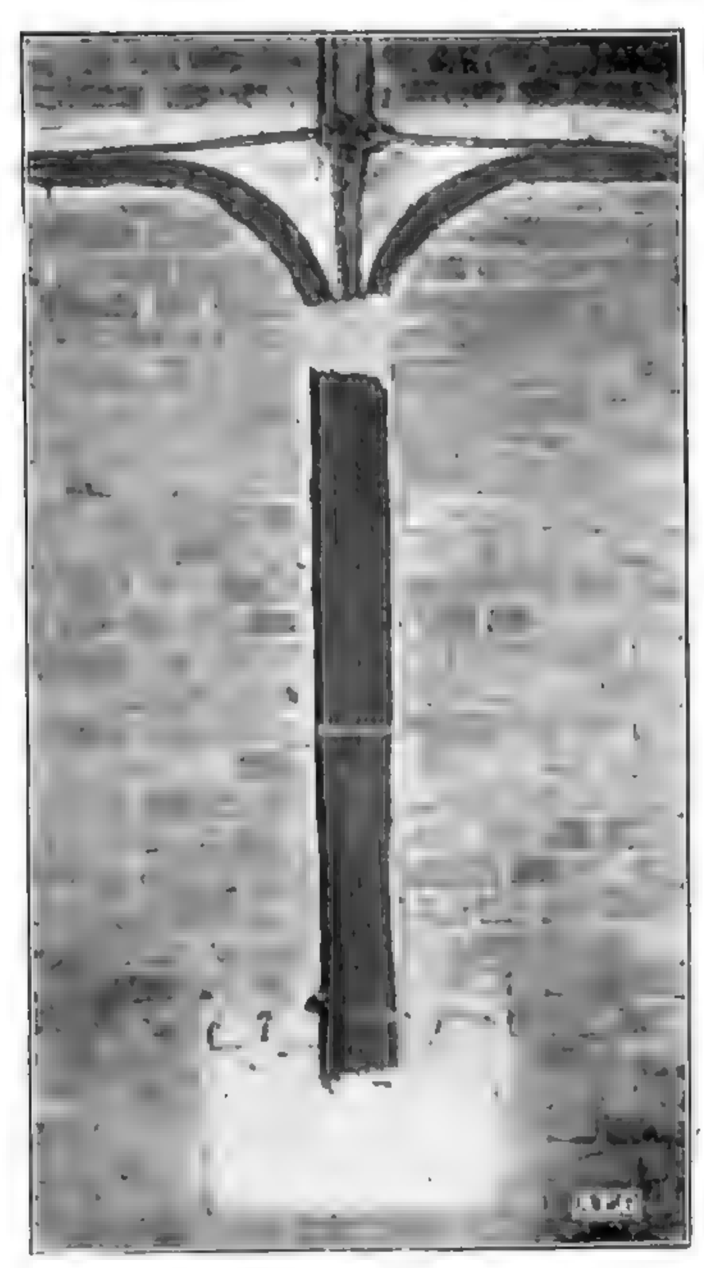


Abb. 26. Fertige Hartgummirohr-Verlegung an der Verteilung.

des rohen Mauerwerkes bedeckt werden (Abb. 26). Die Verwendung von Winkel- und T-Stücken ist unter Putz ausgeschlossen, aber auch Dosen können nur in bestimmten Arten verwendet werden. Die Dosen müssen nämlich mit dem Putz genau bündig sitzen. Besitzen die Dosen nun aufliegende Deckel, so würden diese aus der Wandebene hervorragen und sehr auffallend sein. Die Dosen aber um die Deckelstärke tiefer einzulassen, ist auch nicht möglich, da dann bei Abnehmen des Deckels der Putz ausbröckeln würde. Man verwendet daher nur Dosen, die entweder einen eingelassenen Deckel besitzen oder mit einem Blechdeckel von verschwindend geringer Stärke verschlossen werden. Während auf Putz die Lage der Rohranschlüsse an der Abzweigdose wegen des guten Aussehens immer rechtwinklig zueinander sein soll, kann unter Putz die Anordnung der Löcher beliebig sein. Daher nimmt man hier gern Dosen, die keine fertigen Löcher besitzen, sondern die man erst

Abb. 27. Fertige Hartgummirohr-Verlegung unmittelbar vor dem Putzen.

auf dem Bau selbst nach Bedarf locht (Abb. 24).

Viel bequemer hinsichtlich der Verlegung unter dem Putz ist Hartgummirohr. Es wird ebenfalls in 3 m langen Stücken geliefert, ist aber im ganzen so biegsam, daß es ohne weiteres mit der Hand allen Krümmungen angepaßt werden kann und sich auch allen den unvermeidlichen Unebenheiten des Mauerwerks vollkommen anschmiegt (Abb. 25). Die Verbindung geschieht durch einfaches Zusammenschieben in entsprechenden Muffen. Die Befestigung erfolgt in gleicher Weise wie bei Isolierrohr mit Metallmantel durch wechselseitig in die Fugen eingeschlagene Drahtstifte. Bei Wechsel der Leitungsrichtung, also bei allen schärferen Krümmungen, Ellbogen u. dgl., werden über das Rohr Spiralen aus verzinktem Eisendraht geschoben, die eng gewickelt sind, so daß Windung an Windung liegt. Nach dem Aufschieben zieht man die Spiralen dann so auseinander, daß zwischen zwei Windungen etwa 1 cm Abstand ist (Abb. 21). Dadurch wird dem weichen Rohr diejenige Festigkeit gegeben, welche zur Vermeidung von Knikken und zum leichten Einziehen des Drahtes notwendig ist. Auch an allen frei aus der Wand hervorragenden Enden des Rohres empfiehlt sich die Verwendung von Spiralen als



Abb. 28. Einschieben des Stahlbandes und Einziehen des Drahtes.



Abb. 29.
Falsches Abisolieren quer zum Draht.

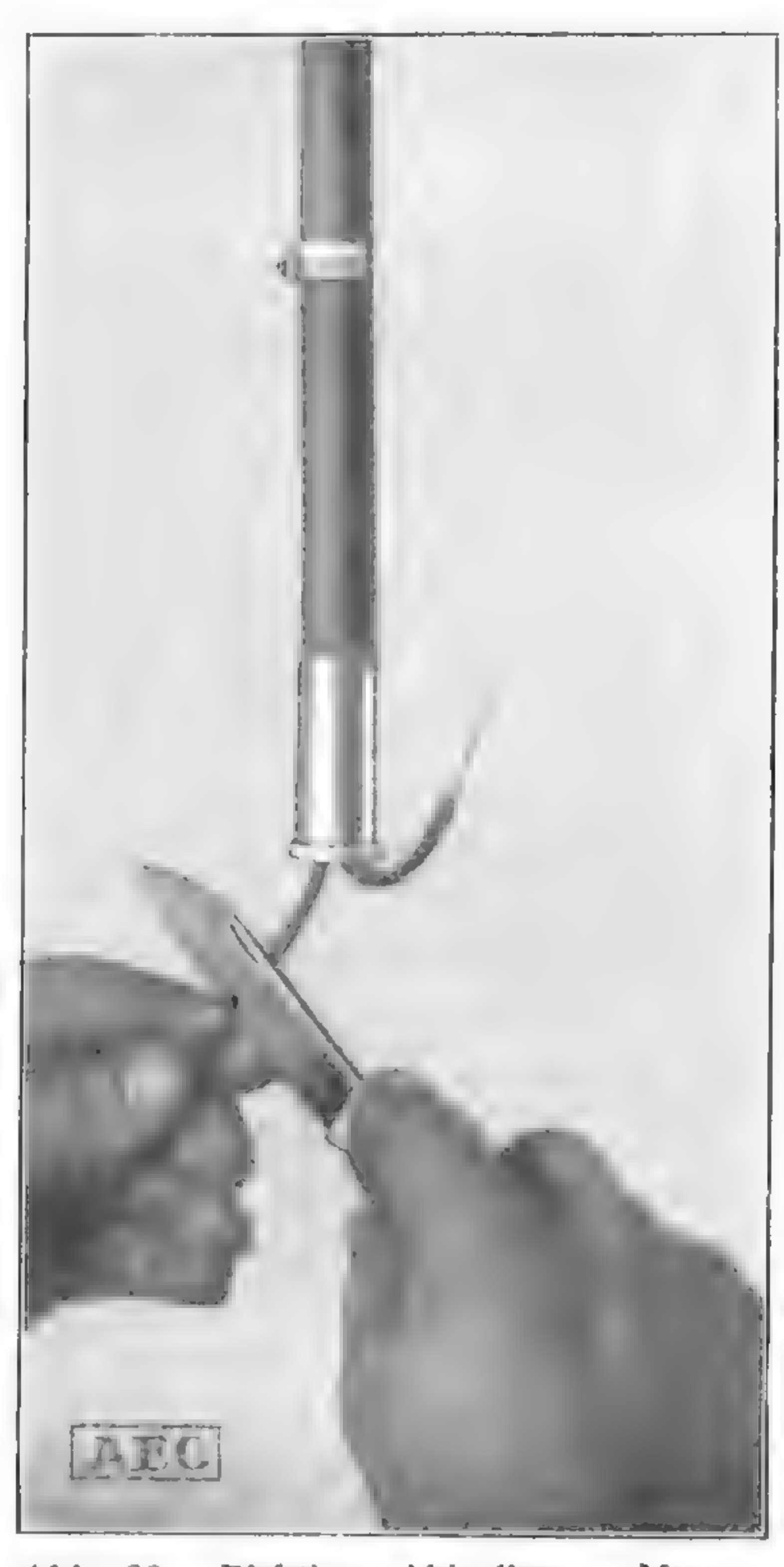


Abb. 30. Richtiges Abisolieren. Messer fast parallel zum Draht geführt.

Schutz gegen das Beschädigen bei späteren Bauarbeiten (Abb. 27). Ueber die Anordnung von Abzweigdosen gilt das bei der Verlegung von Isolierrohr mit Metallmantel unter Putz Gesagte. Doch verwendet man hier dem Rohr entsprechend auch Dosen aus Isoliermaterial (nicht Papier) ohne Metallmantel. Die Löcher für die Rohre werden hier ebenfalls auf dem Bau gebohrt, gebrannt oder gestanzt (Abb. 24). Einer gewissen Beachtung bedarf die Behandlung des Hartgummirohrs vor der Verlegung. Im Winter ist es frostfrei zu lagern. Ein einzelnes Rohr wird am besten zu einem Ring von größerem Durchmesser zusammengebunden. Größere Mengen sollen auf eine Latte gebunden oder besser in Kisten transportiert werden.

Das Einziehen des Drahtes geschieht bei allen Rohrarten in gleicher Weise. Es empfiehlt sich, so lange wie möglich damit zu warten, damit das Mauerwerk, wenigstens aber die Rohre im Innern ausgetrocknet sind. Hierzu läßt man alle Dosen entweder offen oder sorgt durch Löcher in den Deckeln für guten Durchzug der Luft. Um den Draht einzuziehen, wird ein Stahlband von 3 bis 5 mm Breite mit dem Ende, an welchem sich eine Kugel befindet, in das Rohr geschoben, bis es an der nächsten Oeffnung, Dose, Schalter oder dgl. herauskommt. An dem anderen in

eine Oese auslaufenden Ende des Stahlbandes werden die Drähte angebunden. Man zieht immer alle in ein Rohr gehörigen Drähte gleichzeitig ein, indem man einen Draht an dem andern befestigt (Abb. 28). Hierbei ist darauf zu achten, daß die Bindestelle nicht zu dick wird. Während ein Mann am Stahlband zieht, schiebt ein anderer die Drähte nach. Man kann diese auch zum besseren Schlüpfen mit Talkum bestreichen, indem man dies in die Hand nimmt und die Drähte hindurchzieht.

Nach fertiger Verlegung des Rohres und Einziehen des Drahtes können die Verbindungen der Drähte

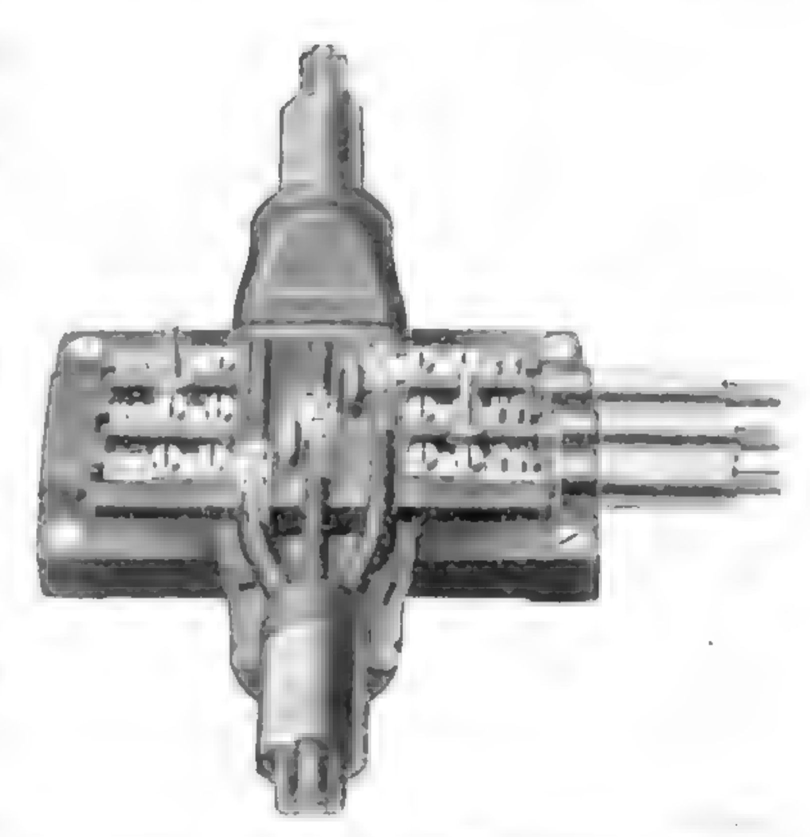


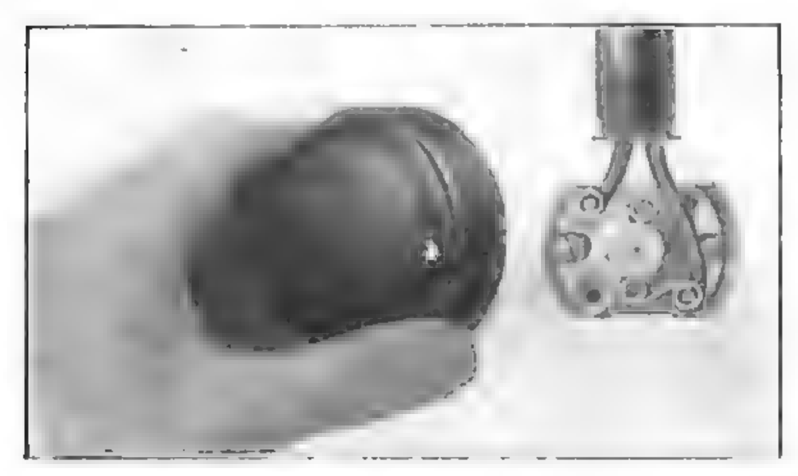
Abb. 31. Tenacitabzweigklemme. (Offen)

AEG

Abb. 32. Verteilung mit Streifensicherungen, Hauptschalthebel und Steigleitungsabzweig.

in den Abzweigdosen hergestellt werden. Bei Verlegung auf dem Putz wird man Verbindungsklemmen auf Unterlagen aus Isoliermaterial bevorzugen. Hier braucht der Draht nur abisoliert und in Form einer Oese oder bei Buchsenklemmen auch geradlinig eingeführt zu werden.

Bei Entfernen der Isolation des Drahtes muß sorgfältig darauf geachtet werden, daß der Kupferdraht selbst nicht verletzt wird. Der zu gewöhnlichen Lichtanlagen in der Regel verwendete Draht von 1 oder 1,5 qmm Querschnitt kann dabei leicht eingeschnitten werden, so daß er eine Verringerung des Querschnittes erleidet und bei späterem Biegen leicht abbricht. Man darf daher die Isolation niemals quer einschneiden (Abb. 29), sondern nur mit dem Messer am Draht entlang einzelne Längsstreifen schneiden, bis die Isolation ringsherum entfernt ist (Abb. 30).



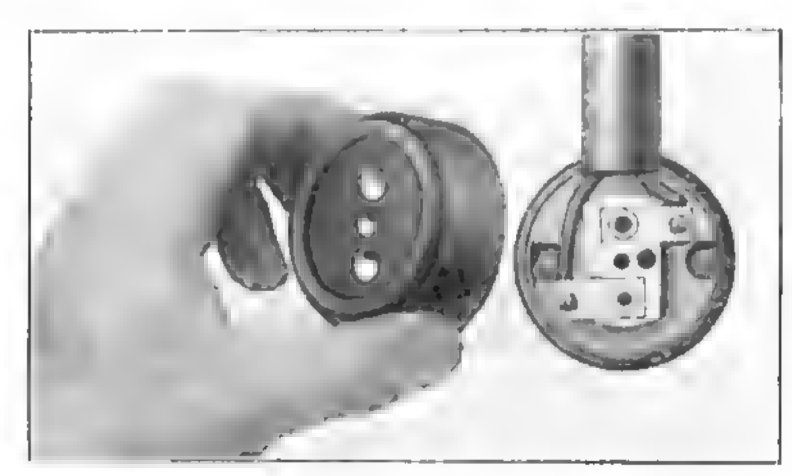


Abb. 33.

Montage eines Schalters auf Putz. Montage einer Steckvorrichtung auf Putz.

Neuerdings dürfen zur Verbindung von Leitungen in Rohrdosen nur Schraubverbindungen gewählt werden. Lötstellen sind verboten, weil sie nicht genügend kontrolliert und bei Störungen nicht gelöst werden können.

Während bei kleinen Querschnitten in Dosen eingelegte Klemmen genügen, müssen für größere Querschnitte besondere Anordnungen gewählt werden. Als solche haben sich Tenacit-Abzweigklemmen am besten bewährt, die in der Hauptsache für Haupt- und Steigleitungen bei Verlegung in Rohr auf dem Putz Verwendung finden sollen. Das Auflöten von Kabelschuhen ist hierbei überflüssig; auch lassen sich alle Schaltungen bequem herstellen (Abb. 31). Auch für diejenigen Fälle, in welchen mehrere Leitungen in einem Rohre verlegt werden, lassen sich die Abzweigklemmen mit Hilfe besonderer trichterförmiger Einführungsarmaturen verwenden.

Da nach den Verbandsvorschriften Leitungen in erreichbarer Höhe verkleidet werden müssen, hat man bei der Anbringung von Schaltern, Sicherungen, Steckvorrichtungen, Verteilungstafeln u. dgl. fast stets mit der Verlegung der Leitungen in Rohr zu rechnen, die als die weitaus verbreitetste Art der „Verkleidung" anzusehen ist. Die vorgenannten Apparate haben daher alle diejenigen Einrichtungen, welche zum Uebergang der Leitungen in Rohre notwendig sind.

Bei Verlegung der Leitungen auf dem Putz schreitet man zum Anbringen des Schalters, nachdem Rohr und Draht fertig auf der Wand montiert sind. Die Schalter und Steckvorrichtungen sind mit einer Aussparung versehen, in die das Rohr hineinragen soll. Die Befestigung des Unterteils auf der Wand erfolgt zweckmäßig mit Spiraldübeln

(siehe Abb. 14), deren Schrauben nach dem Eingipsen herausgedreht werden. Der Schalter oder die Steckdose wird dann vermittels der Schrauben auf der Wand befestigt; die Leitungsdrähte werden abisoliert (Abb. 30), zurechtgebogen und mit den Anschlußklemmen verbunden (Abb. 33). Alsdann wird die Kappe darüber befestigt, die alle stromführenden Teile der Berührung entzieht.

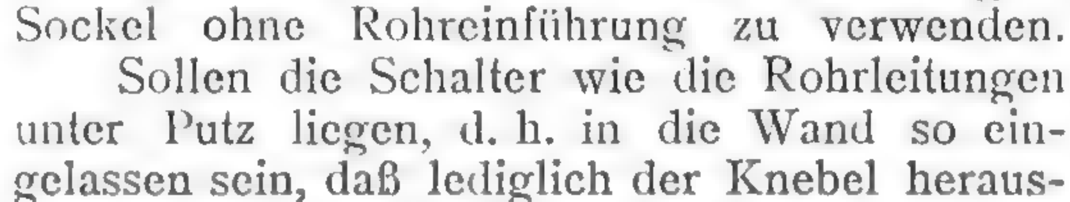


Abb. 34.
Imprägnierter Holzdübel für Schalter auf Putz bei Verlegung des Rohres unter Putz.

Liegen die Leitungen unter Putz, während die Schalter auf dem Putz sitzen sollen, so muß man die Rohrleitungen schon bei der Verlegung in entsprechenden Holzdübeln endigen lassen. Beim Einlegen der Rohre werden in Asphalt getränkte Holzdübel eingesetzt, deren vordere Fläche mit dem Putz (nicht mit dem rohen Mauerwerk) bündig liegen muß; dies trifft auch für Steckvorrichtungen zu (Abb. 34). Auf den Dübeln kann dann die Montage der Schalter erfolgen wie bei Verlegung der Rohre auf dem Putz, doch ist darauf zu achten, daß das Einführungsloch im Sockel nach unten gerichtet ist, oder besser noch sind Schalter mit niedrigem Sockel ohne Rohreinführung zu verwenden.

Sollen die Schalter wie die Rohrleitungen unter Putz liegen, d. h. in die Wand so eingelassen sein, daß lediglich der Knebel herausragt, so müssen statt der Holzdübel besondere Schaltergehäuse eingesetzt werden. Bei der Verlegung des Rohres wird die für die Schalter ausgestemmte Höhlung zunächst offen gelassen, bis geputzt ist (Abb. 35). Das Einsetzen der Gehäuse erfolgt am besten nach dem Putzen, da es



Abb. 35.
Schaltergehäuse, fertig eingesetzt, und die Aussparung vor dem Einsetzen des Gehäuses.

hierbei besonders genau darauf ankommt, daß die Vorderkante mit der Wand genau abschneidet. Die Gewindelöcher in den Gehäusen werden, um nicht mit Mörtel verunreinigt zu werden, am besten durch kleine

Holzpflöckchen (Streichhölzer) verschlossen (Abb. 35), die bei der Montage der eigentlichen Schalter entfernt werden. Diese kann dann nach vollkommener Fertigstellung der Wände, also nach Erledigung der Tapezierer- und Malerarbeiten, ohne weiteres erfolgen, da alle Befestigungsvorrichtungen fertig eingesetzt sind.

Sicherungen werden stets auf der Wand montiert. Sind sie, wie dies bei Verteilungszentralen möglichst geschehen soll, in Nischen untergebracht, so erfolgt dort die Montage auf der Rückwand der Nische, was für die Art der Arbeit das gleiche ist. Bei der Auswahl und Anordnung der Sicherungen ist zu unterscheiden zwischen solchen, bei denen der Abzweig der Hauptleitung unmittelbar an der Sicherung erfolgt, d. h. wo die Hauptleitung über die Sicherung hinaus weitergeführt wird, und solchen, bei denen der Abzweig getrennt von der Sicherung liegt, d. h. die Leitungszuführung an der Sicherung endigt. Für letztere kommen für einzelne Stromkreise je nach dem Stromsystem nachstehende Typen in Frage (Abb. 36—41).

Sicherungen für einen Stromkreis.



Abb. 36.
Einpolig, mit Nulleiter.

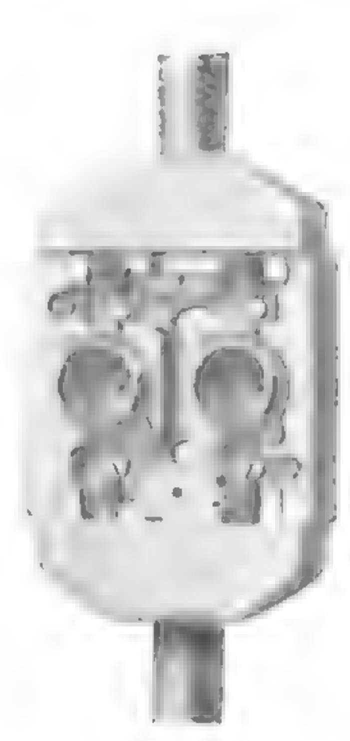


Abb. 37.
Zweipolig (geöffnet).

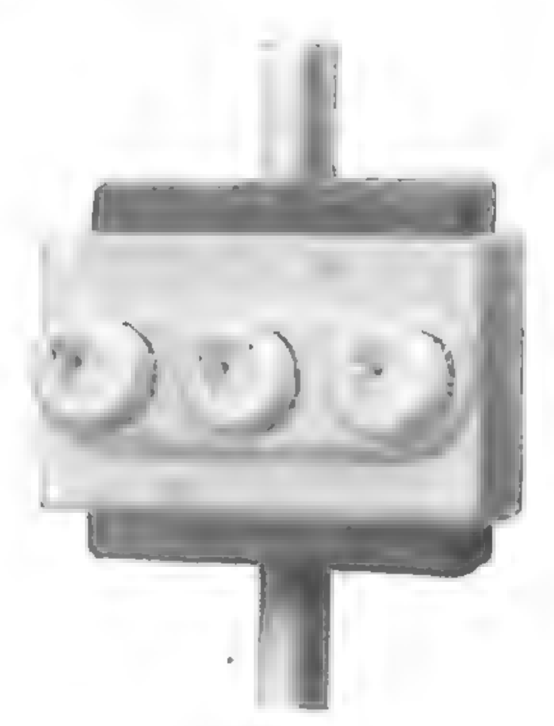


Abb. 38.
Dreipolig.

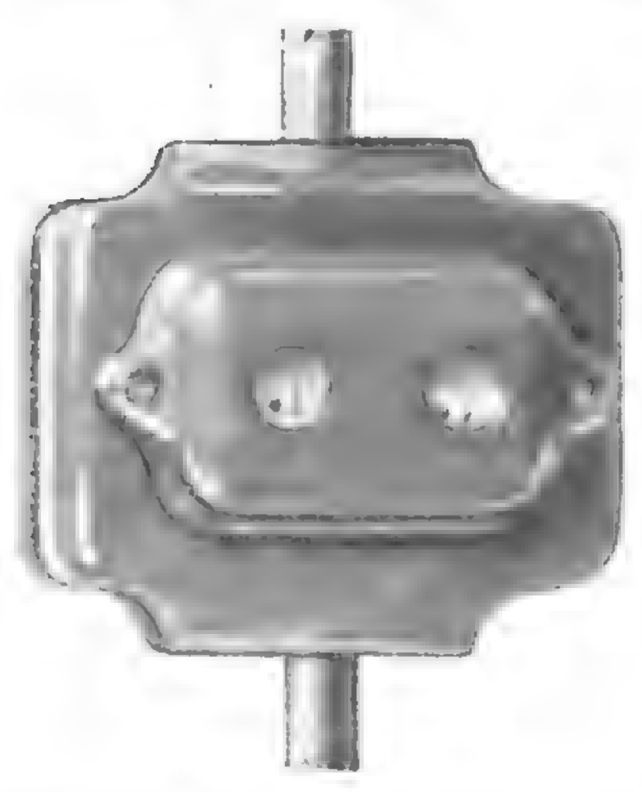


Abb. 39. Zweipolig, mit Nulleiter (mit Schutzhaube über den Schmelzstöpseln).

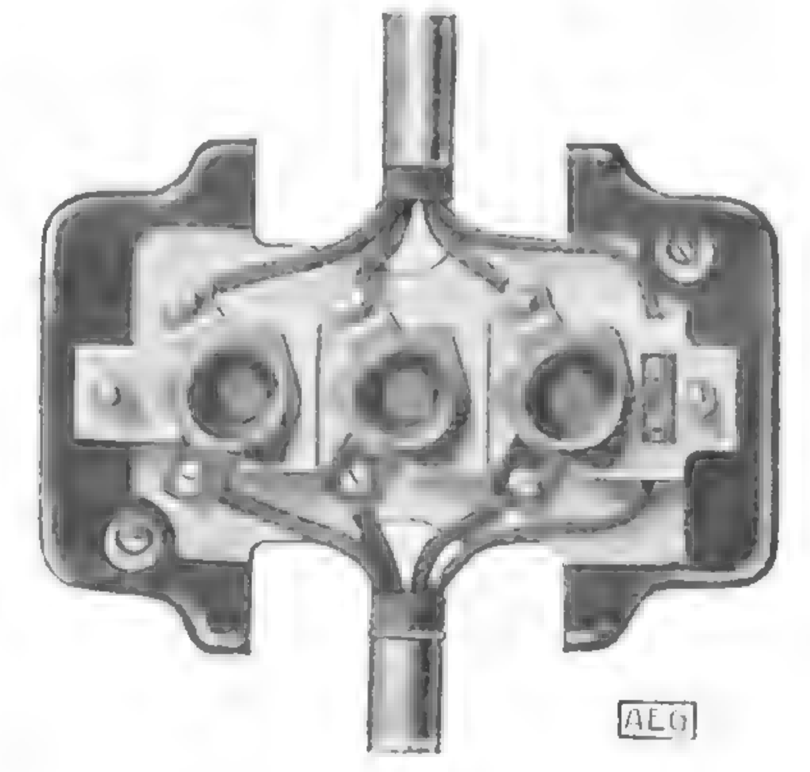
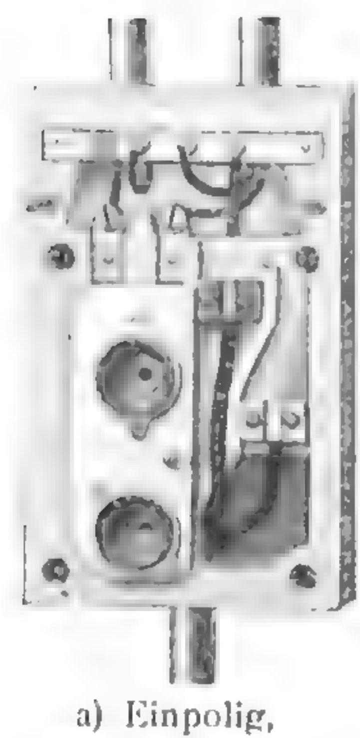
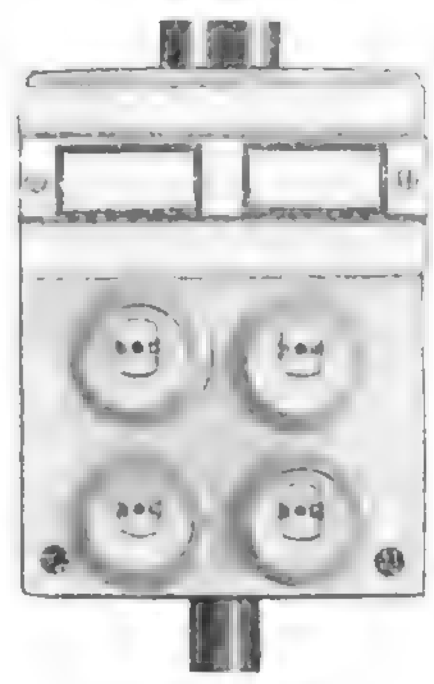


Abb. 40.
Dreipolig, mit Nulleiter (geöffnet).

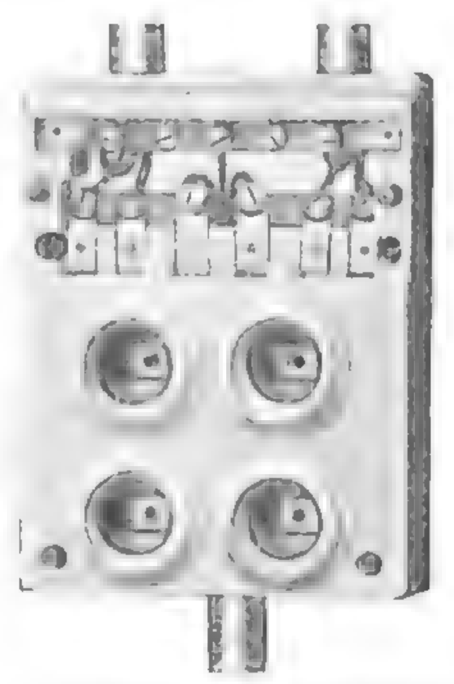
Sicherungen für zwei Stromkreise.



a) Einpolig, mit Nulleiter.

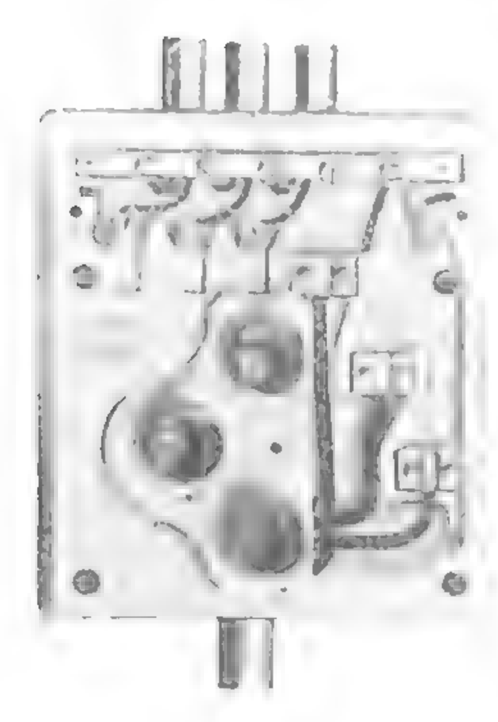


b) Zweipolig.

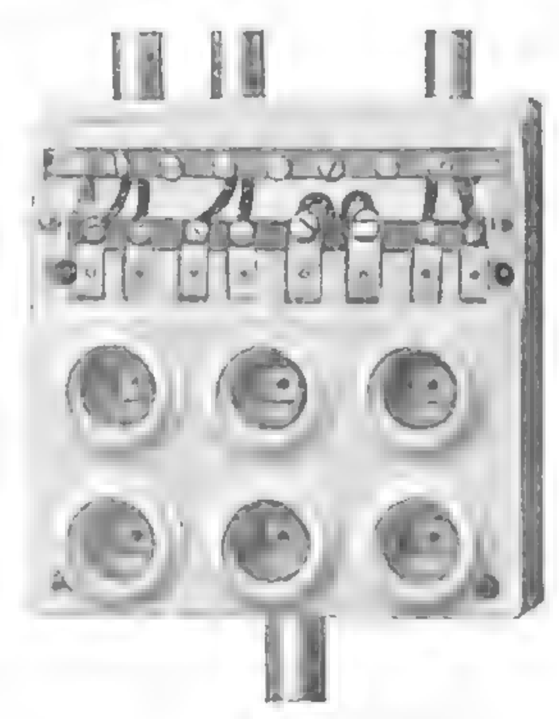


c) Zweipolig, mit Nulleiter (Dreileiter).

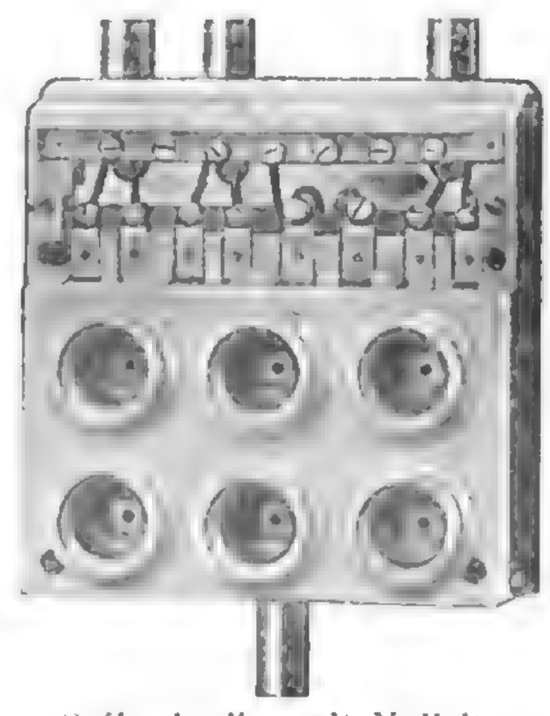
Sicherungen für drei Stromkreise.



d) Einpolig, mit Nulleiter.

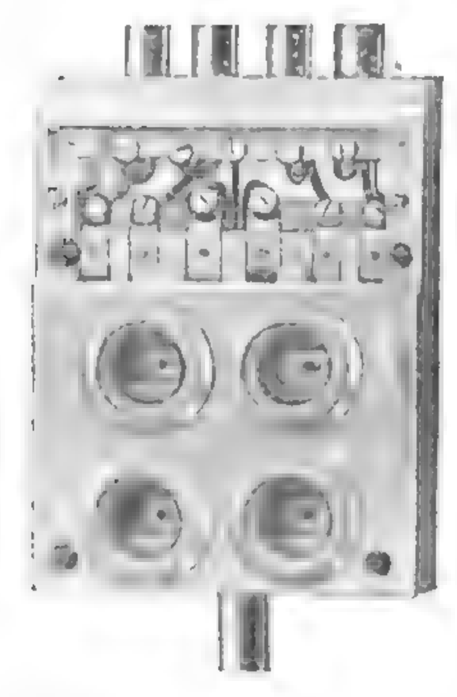


e) Zweipolig.

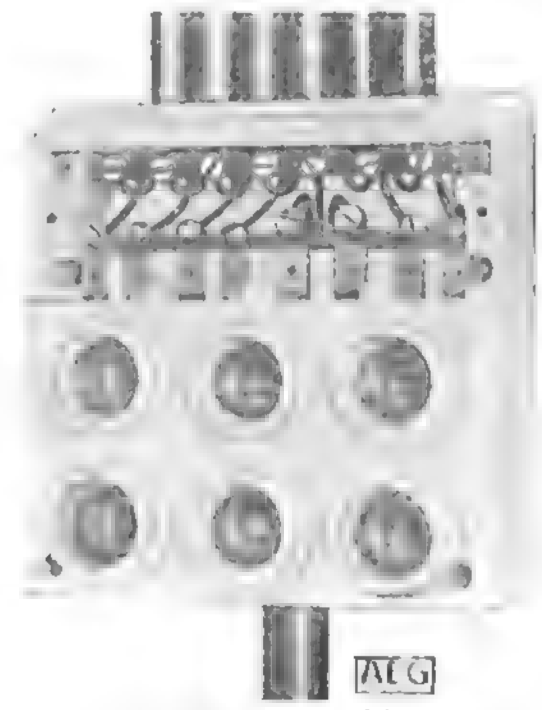


f) Zweipolig, mit Nulleiter (Dreileiter).

Sicherungen für vier und sechs Stromkreise.



g) Einpolig, mit Nulleiter.



h) Einpolig, mit Nulleiter.

Abb. 41 a-h.

Verlegung von Manteldraht.

Der Manteldraht, welcher äußerlich wie ein Isolierrohr von geringem Durchmesser erscheint, unterscheidet sich von diesem vor allem dadurch, daß er in ganzen Ringen bis zu etwa 50 m Länge hergestellt wird, während Isolierrohr höchstens in 3 m langen Stangen zu liefern ist. Dies ermöglicht im allgemeinen nur da Schnittstellen zu machen, wo die Zwischenschaltung von Apparaten, Abzweigdosen oder dgl. ohnehin notwendig ist. Zwischen zwei Apparaten oder Dosen hat also der Manteldraht keine Unterbrechung. Um Reste zu verarbeiten und bei ungewöhnlich großen Längen kann man Durchgangsdosen verwenden, die lediglich beide Manteldrahtenden miteinander verbinden. Die Verarbeitung von Manteldraht mit Messingmantel ist die gleiche wie die von Manteldraht mit verbleitem Eisenmantel. Bei letzterem ist entsprechend der Festigkeit des Mantels das Bearbeiten nur etwas unbequemer und schwerer. Manteldraht wird im Gegensatz zu gewöhnlichem Leitungsdraht vor dem Verlegen auf Länge geschnitten, so daß das Stück



Abb. 42.
Richten des Manteldrahtes mit dem Geraderichter. Beim Durchschieben muß der Falz stets an derselben Stelle liegen.



Abb. 43. Das Abmanteln geschieht am einfachsten durch Abreißen des Falzes bis zu einem vorher hergestellten Einschnitt.



Abb. 44. Nach dem Entfernen des Falzes wird das Mantelblech nach außen abgerissen.

abgeschnittenen Manteldrahtes genau die zwischen zwei Apparaten notwendige Gesamtlänge hat. In fast allen Fällen sind dies nur Stücke bis zu etwa 6 m. Längere Enden kommen nur im wagerechten Verlauf, in Korridoren oder rings um ein Zimmer usw. vor; hier kann man die genaue Länge durch Aufrollen am Fußboden leicht feststellen. Das Abschneiden geschieht mit dem Seitenschneider der Patentzange wie bei gewöhnlichem Draht. Das Quetschen der Isolierung hat hier keine Bedeutung, da die Enden doch stets abisoliert werden. Das abgeschnittene

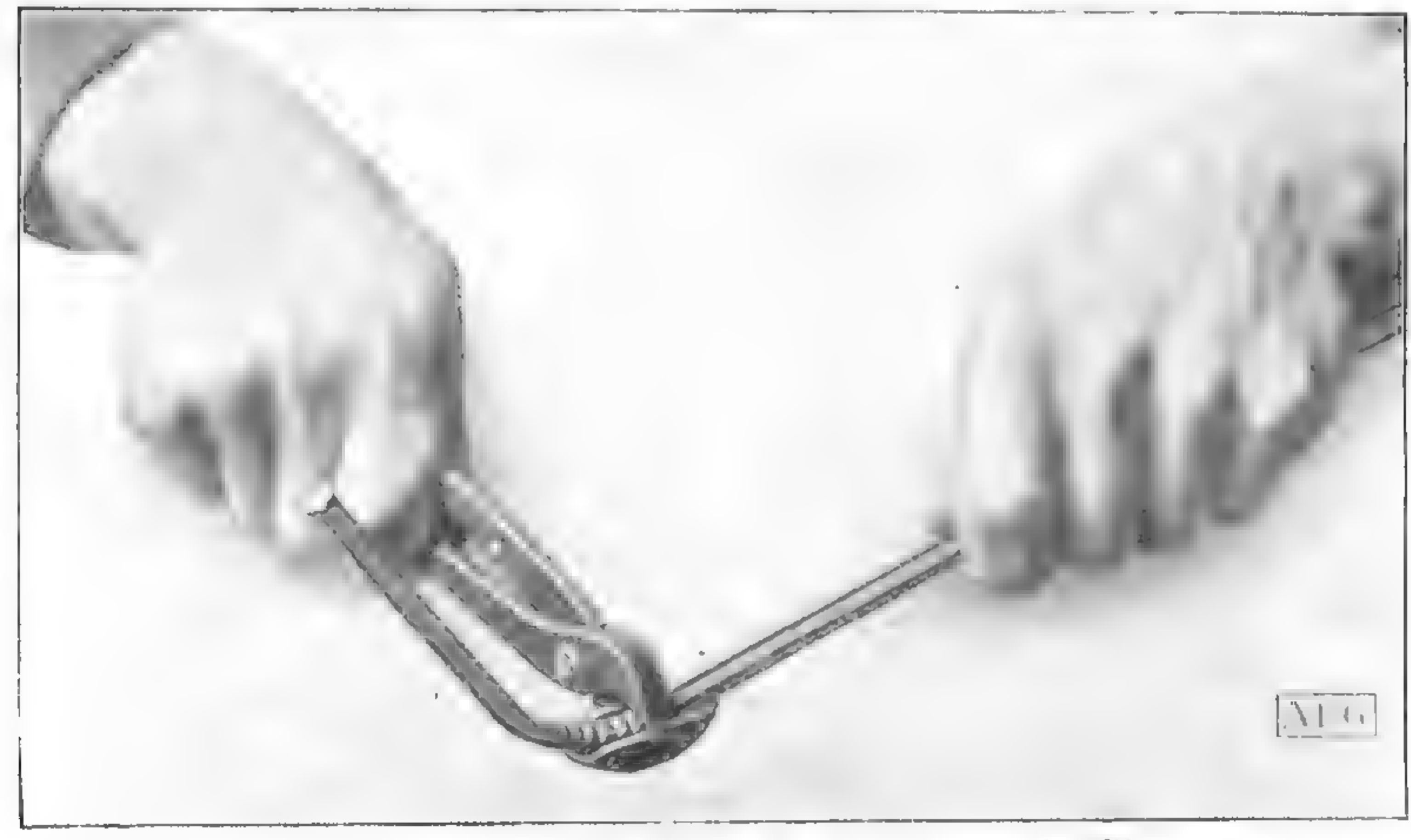


Abb. 45. Biegen des Manteldrahtes mit genau passender Biegezange.

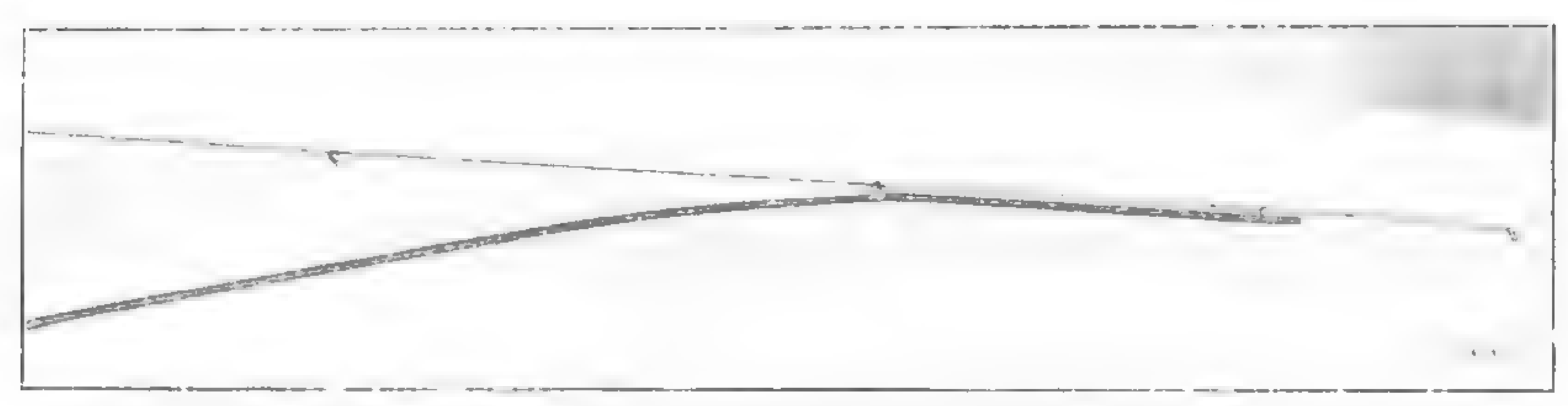


Abb. 47. Nach dem Schlagen der Stahldübel wird der Manteldraht in die Schellen gelegt und ausgerichtet.

Ende muß vor dem Verlegen gerichtet werden. Diese Arbeit erfordert eine gewisse Uebung. Im allgemeinen hat es sich am besten bewährt, den Geraderichter nach dem Aufsetzen auf das Ende des Manteldrahtes in der linken Hand zu halten und mit der rechten den Manteldraht hindurchzuschieben (Abb. 42). Hierbei muß der Falz stets genau die gleiche Lage haben und darf nicht verdreht werden, d. h. nicht in langen Spirallinien um den Manteldraht herumlaufen. Wenn beim vorhergehenden Abwickeln das Verdrehen vermieden wird, macht das richtige Durchschieben des Manteldrahtes keine besonderen Schwierigkeiten. Kann man dauernd in unmittelbarer Nähe des Arbeitsplatzes einen Tisch benutzen, so ist die Befestigung des Geraderichters an diesem natürlich bequemer, da man dann beide Hände für das Durchschieben frei hat. Doch wird sich dem Monteur hierfür nur selten Gelegenheit bieten.



Abb. 46.
Neben einer gespannten Schnur werden die Stahldübel eingetrieben

Dagegen läßt sich unter Umständen die Befestigung am unteren Teil der Stehleiter durchführen.

Vor dem Verlegen des Manteldrahtes wird mindestens ein Ende abisoliert. Das geschieht am besten in der Weise, daß an der Stelle, bis zu welcher der Mantel entfernt werden soll, der Falz durchschnitten wird (Abb. 43). Bei Manteldraht mit Messingmantel kann das bequem mit dem Montagemesser geschehen. Bei verbleitem Eisenmantel kann man eine Dreikantfeile dazu nehmen. Sodann wird mit dem Seitenschneider der Patentzange der Falz am Ende des Manteldrahtes eingeschnitten und mit der Zange auf der ganzen Länge abgerissen. Nun verbleibt nur noch das Entfernen des geschlitzten Mantelbleches. Mit der Zange wird dies nach außen abgerissen, so daß an der Begrenzungslinie des verbleibenden Mantels das Blech etwas nach außen gebogen bleibt (Abb. 44). Das ist wichtig, damit die Blechkante niemals in die Isolation eingedrückt werden kann. Es wäre also auch falsch, den

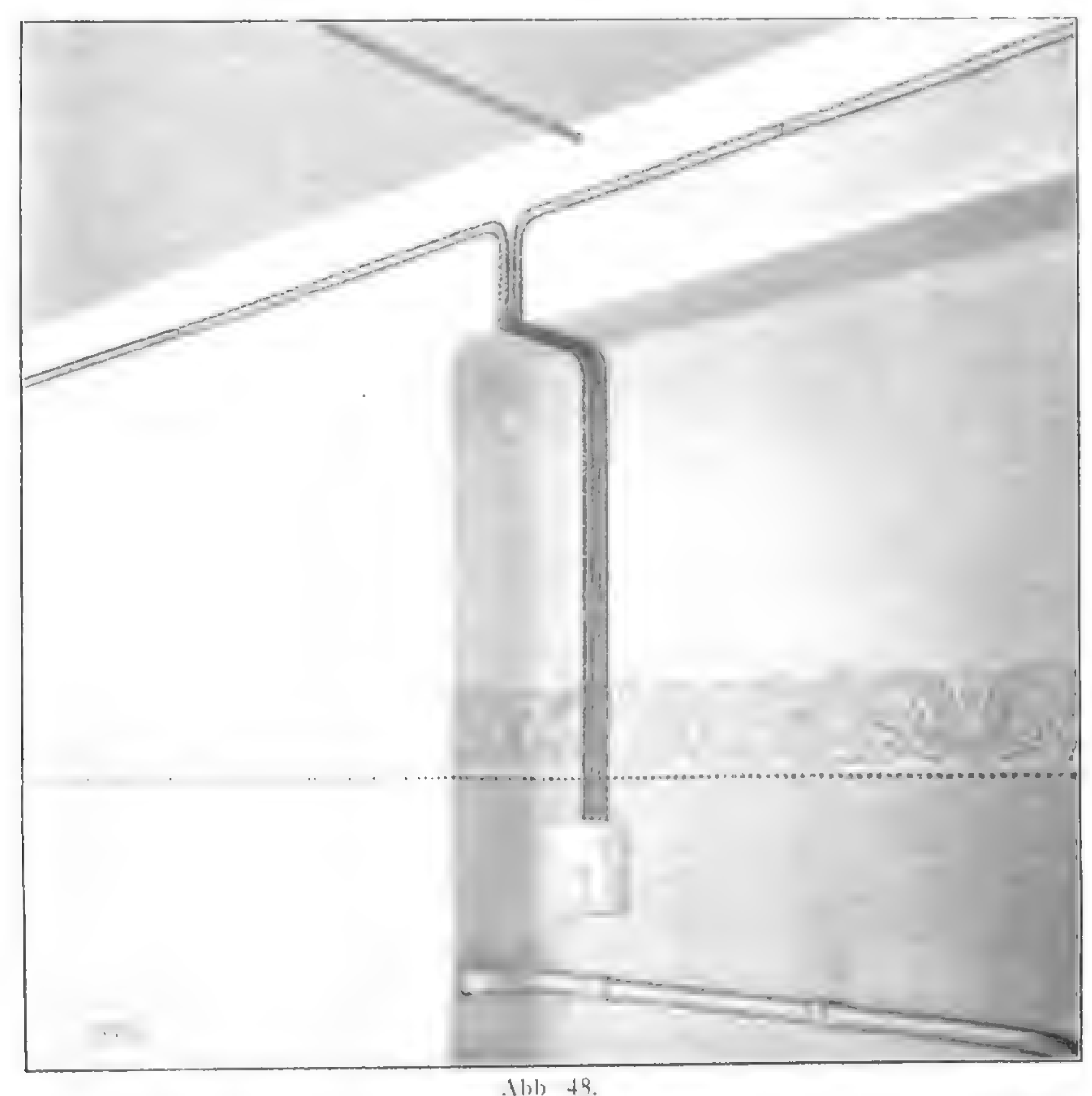


Abb. 48.
Fertige Manteldrahtinstallation. Die senkrechte Leitung zeigt die Notwendigkeit von Winkelstücken. Wagerechte Leitung unauffällig am Wandfries geführt.



Abb. 49. Schalterabzweig und senkrechte Schalterleitung an einer Türverkleidung.

Mantel ringsherum durchzuschneiden oder zu feilen. Nach dem Entfernen des Mantels gestaltet sich das Abisolieren ebenso leicht wie bei gewöhnlichem Draht. Nur werden die Fasereinlagen, welche neben den eigentlichen Gummiaderdrähten im Manteldraht enthalten sind, etwas von der Mantelkante entfernt abgeschnitten. Dagegen soll die Gummiaderisolation noch ein möglichst langes Stück über den Mantel herausragen, damit ein „Schluß" durch letzteren nicht vermittelt werden kann.

Ein Hauptvorzug des Manteldrahtes ist, daß er sich allen Krümmungen der Linienführung genau anpassen läßt. Hierzu muß er im Stück gebogen werden. Dies geschieht genau wie bei Isolierrohr. Mit einer besonderen Biegezange werden an der Innenseite des Bogens einzelne Kniffe eingedrückt (Abb. 45), die nach Zahl und Abstand jede Schärfe der Krümmung zulassen. Der Falz soll hierbei an der Innenseite des Bogens liegen. Man soll jedoch nicht allzu scharfe Bogen machen, damit man nicht nötig hat, den Draht zu sehr zu knicken. Innere Ecken und räumliche Kanten, die also einen rechtwinkligen Knick voraussetzen würden, bedingen die Verwendung von Winkelstücken. Hier wird nur der Metallmantel mitten im Stück auf etwa 5 cm entfernt, so daß der volle Manteldraht übrig bleibt. Dieser läßt sich dann rechtwinklig um-

legen und in ein geteiltes Winkelstück aus Metall einlegen, das den entfernten Mantel ersetzt (Abb. 48).

Manteldraht darf nur auf dem Putz verlegt werden. Durch seine geringe Stärke hat er ein besseres Aussehen als das entsprechende Isolierrohr und wird daher vor allem in fertig eingerichteten Räumen verwendet. Die Hauptsache ist also, den an sich schon dünnen Manteldraht so zu verlegen, daß er dem Auge möglichst entzogen wird. Man soll daher für seine Linienführung stets vorhandene Linien der Raumausstattung wählen. Tapetenborten, gemalter Fries, Paneelkanten, Türverkleidungen und Zimmerecken sind für die versteckte Anbringung des Manteldrahtes besonders wichtig. Hierbei sind solche Linien zu bevorzugen, die dem Licht abgewendet sind, die also im Schatten liegen, so daß der Manteldraht möglichst nicht den Fenstern direkt zugekehrt ist.

Die Verlegung selbst erfolgt in der Weise, daß am Anfang und Ende der betreffenden Bahn ein Stahldübel so weit neben der Linie des Manteldrahtes eingetrieben wird, daß nach Anbringen der Rohrschellen der Manteldraht genau an der beabsichtigten Stelle liegt. Zwischen diese beiden Dübel wird eine Schnur gespannt, die so lange dort bleibt, bis alle dazwischenliegenden Dübel an dieser Schnur entlang geschlagen sind (Abb. 46). Das Vorzeichnen mittels Schnurschlag, wie es bei der entsprechenden Arbeit des Isolierrohres geschieht, empfiehlt sich für Manteldraht nicht, da die Zeichnung des Schnurschlages nachher nicht verdeckt wird und auf den fertigen Wänden auch nicht mehr überstrichen wird. Man würde also den vorgezeichneten Strich später leicht sehen können. Sind alle Dübel gesetzt und die Schellen lose aufgeschraubt, so kann man die vorher zugeschnittene, gerichtete und an einem Ende abisolierte Bahn des Manteldrahtes aufbringen. Man befestigt den Draht in den ersten beiden Schellen lose und hängt ihn am anderen Ende

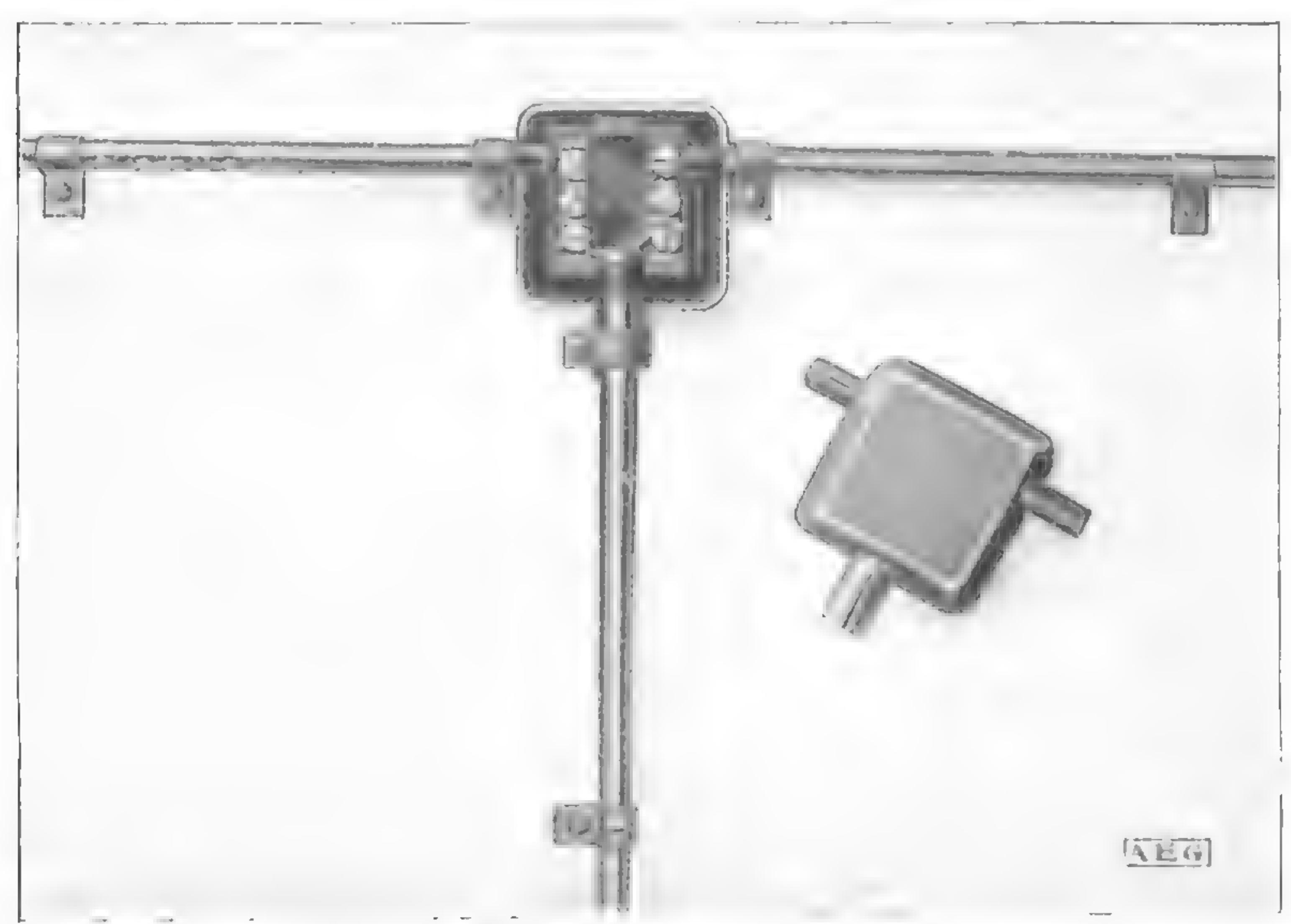
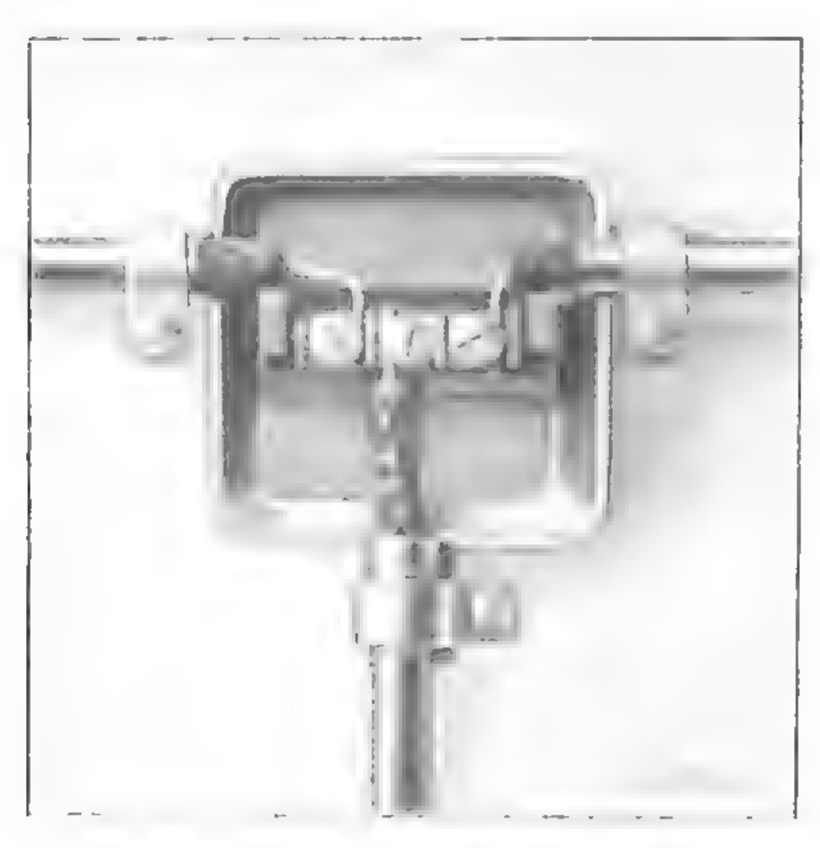
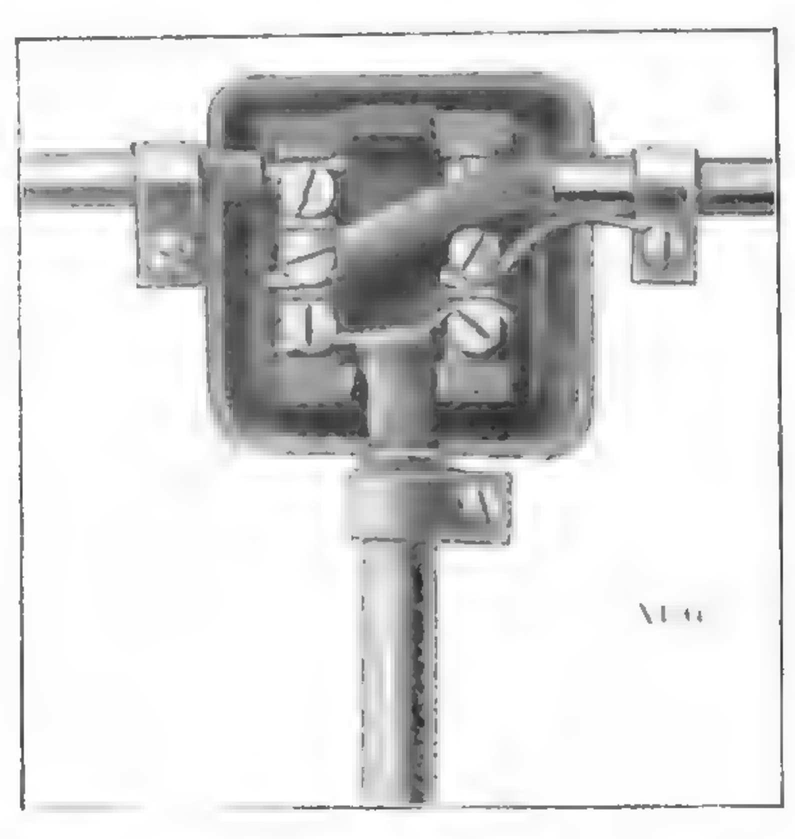


Abb. 50. Schalterabzweig bei Manteldraht mit stromleitendem Mantel. Senkrechte Leitung zweiadrig, wagerechte einadrig.


Abb. 51. Abzweig zum Stromverbraucher (Beleuchtungskörper).


Abb. 52. Steckdosenabzweig mit zweiadrigem Manteldraht.

ebenfalls ein. Dann werden die Rohrschellen nach und nach unter fortwährendem genauen Ausrichten des Manteldrahtes mit der betreffenden Frieskante oder dergl. angezogen (Abb. 47). Die Schellen sollen dichter sitzen als bei Isolierrohr; im allgemeinen wird man etwa alle 50 cm eine Schelle setzen. Etwa 5 cm von Mitte Abzweigdose oder Schalter entfernt, also etwa 3 cm vom Mantelende, sitzt die letzte Schelle.

Die Abzweigdosen werden nur mit einer Schraube, die einfachen Durchgangsdosen gar nicht befestigt. Sie werden also im wesentlichen durch den Manteldraht gehalten, dessen Mantel ja auch noch in diese hineingehen muß. Bei Schaltern, Steckvorrichtungen u. dergl. kann man das nicht immer durchführen, wenn man eine genügende Länge abisolierten Drahtes zur Verfügung haben und einen reichlichen Abstand zwischen blankem Draht und Blechkante des Mantels bekommen will. Hier verwendet man Mantel-Endtüllen, die denjenigen für Isolierrohr entsprechen, aber kein Porzellan enthalten, also lediglich dem Metallmantel einen abgerundeten und genau passenden Abschluß geben sollen.

Manteldraht mit stromleitendem Mantel.

Der Manteldraht hat in allen Leitungsnetzen, welche einen geerdeten Nulleiter enthalten, besondere Bedeutung dadurch gewonnen, daß sein Mantel zur Führung des Nulleiterstromes benutzt wird. Man gebraucht dann im Manteldraht jeweils einen Kupferdraht weniger, kommt also bei der üblichen zweipoligen Leitung mit einem Draht und einem Mantel (mit einadrigem Manteldraht) aus. Dieser ist sehr viel dünner, auch billiger, und läßt sich leichter verarbeiten als zweiadriger. Man verwendet möglichst Manteldraht bis etwa 2,5 qmm Querschnitt. Hiermit können fast alle Teile der Inneninstallationen bis auf die Hauptleitungen ausgeführt werden. Die weitaus größte Verwendung hierbei findet einadriger Manteldraht mit 1 qmm Querschnitt. Dieser ist so dünn und biegsam, daß er sich vom ganzen Stück verlegen läßt, ohne besonders gerade gerichtet zu werden. Man setzt die Stahl-

dübel in bekannter Weise, wie bei Manteldraht ohne stromleitenden Mantel, und verlegt vom vollen Ring aus den dünnen Manteldraht, indem man nach Anziehen jeder Schelle das dazwischenliegende Stück ausrichtet.

Während also die Verarbeitung und Verlegung des Manteldrahtes bei diesem System erheblich bequemer ist, machen alle Apparate, Dosen, Schalter usw. größere Schwierigkeiten. Um den Mantel des Manteldrahtes fortlaufend als Stromleiter zu benutzen, müssen die Mäntel der einzelnen Stücke an allen Abzweig- und Verbindungsdosen ebenfalls leitend untereinander verbunden werden. Man verwendet hierzu Dosen aus blankem Messingblech oder verbleitem Eisenblech, die selbst den Nulleiterstrom übertragen und in welche die isolierte Klemme mit den übrigen Verbindungen eingelegt wird (Fig. 50). Die Verarbeitung geschieht in der Weise, daß die Manteldrahtenden unter die isolierten Klemmen der Einlage geschraubt werden, so daß die Klemme vom Manteldraht getragen wird. Hernach wird erst die halbe Schale der Dose dahinter geschoben und nach Auflegen der anderen Hälfte durch Aufschieben der Schellen auf die Rohrstutzen miteinander und mit dem Manteldrahtmantel fest verschraubt

Damit die Stutzen an den Dosen mit dem Manteldraht gut Kontakt geben, ist es nötig, daß das Abmanteln sehr genau vorgenommen wird, also der Mantel noch voll durch den Stutzen hindurchreicht. Andererseits darf der Mantel nicht in die innere Dose hineinragen, da damit die Gefahr des Kurzschlusses mit den isoliert geführten Leitern wächst. Da die Manteldrähte nach Querschnitt, Aderzahl und Mantelmaterial verschieden stark sind, braucht man Reduktionshülsen, welche die Lücke zwischen einem zu dünnen Manteldraht und der Mantelschelle ausgleichen. Dies sind biegsame, offene Metallringe, welche je ca. 1 mm dick sind, so daß man beliebig viele übereinander verwenden kann, bis der Ausgleich vollkommen ist.

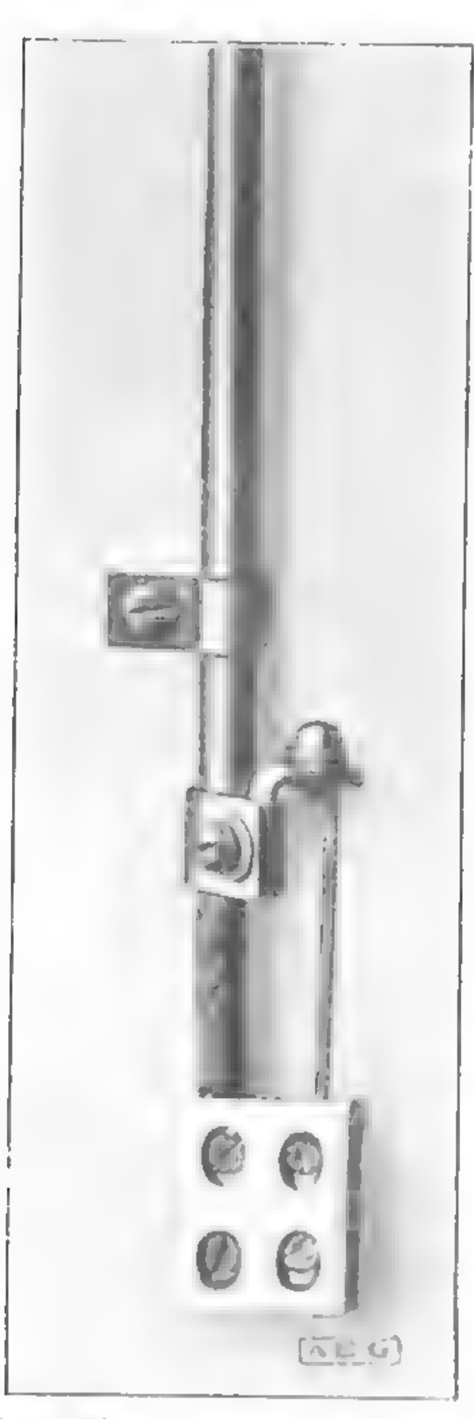


Abb. 53. Anschluß einer Lüsterklemme an einadrigen Manteldraht.

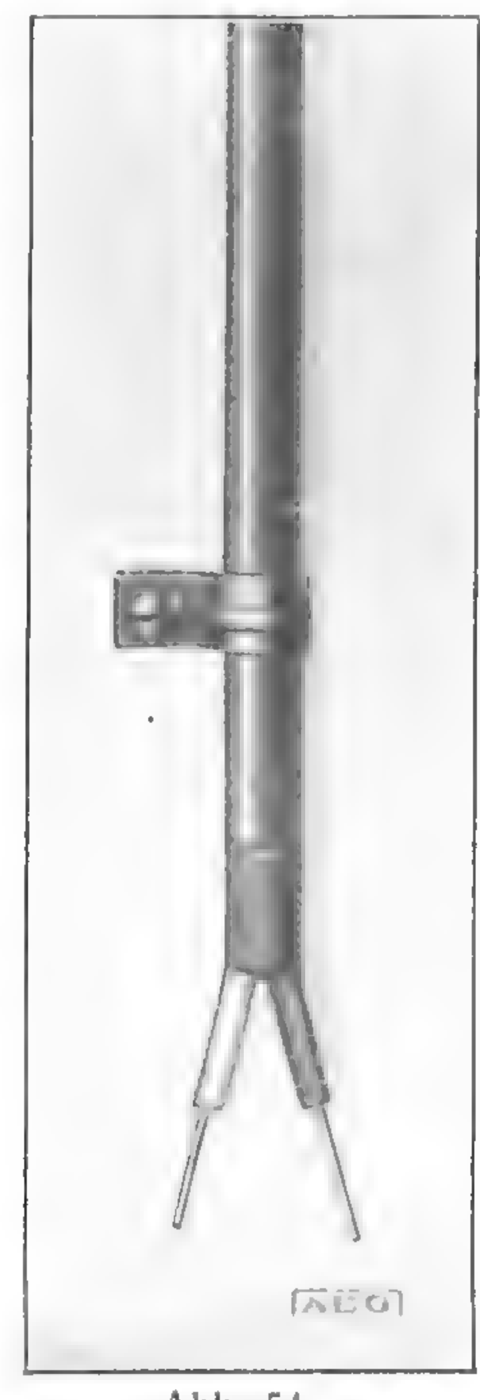


Abb. 54. Ende des Manteldrahtes am Schalter.

Diese Verschiedenheit der Manteldrahtstärken tritt fast an jeder Dose auf; denn man braucht auch in diesem System zweiadrigen Manteldraht; nicht nur für

Umschaltleitungen und dergleichen, bei denen außer zwei isolierten Adern noch der Mantel mitwirkt, sondern auch stellenweise, ohne daß der Mantel Strom führt. Hierzu gehören alle Schalterleitungen. Da die Schalter stets im Außenleiter liegen müssen, also nicht im Nulleiter angebracht sein dürfen, braucht der Nulleiter gar nicht zum Schalter geführt zu werden, aber der Außenleiter muß als Hin- und Rückleitung zum Schalter gehen (Abb. 50). Das Ende der Leitung am Schalter wird dementsprechend genau so montiert, wie bei doppelpolig isolierter Verlegung (Abb. 54).

Bei Steckdosen, welche doch beide Pole besitzen müssen, würde dies zunächst nicht zutreffen. Man müßte hier ebenso abzweigen wie zu Beleuchtungskörpern oder anderen Stromverbrauchern (Abb. 51), so daß am Ende des Abzweiges wieder Mantel und eine Ader zum Anschluß zur Verfügung stehen. Hierzu müssen aber die Steckdosen besonders konstruiert sein, da man sonst keinen Platz hat, um vom Mantel aus eine Kontakthülse anzuschließen. Will man gewöhnliche Steckdosen verwenden, so muß man auch die Abzweigleitung zur Steckdose mit zweiadrigem Draht ausführen; man erhält dann zum Anschluß die gleiche Möglichkeit wie bei Schaltern (Abb. 54). Die Abzweigdose dagegen verlangt dann eine Verbindung zwischen einer Ader des Abzweigdrahtes und dem Mantel des ankommenden Drahtes (Abb. 52).

Um an Beleuchtungskörper heranzugehen, bedarf es keiner besonderen Vorkehrungen. Der Abzweig ist der normale (Abb. 51). Am Ende der Abzweigleitung wird eine Mantelschelle mit Kontaktschraube aufgesetzt, von welcher ein kurzer, blanker Draht zur Lüsterklemme führt, die im übrigen auf den isolierten Leiter geklemmt ist. Auch hier achte man auf ausreichende Länge des abgemantelten, aber isolierten Drahtstückes (Abb. 53).

Verlegung von Stahlpanzerrohr.

Stahlpanzerrohr wird offen auf Wänden, Decken, an Maschinen, Kranen usw. verlegt, wo es als fester Schutz gegen Beschädigung der Leitungsdrähte dienen soll. Selten wird hierbei auch auf die Wasserdichtigkeit der Rohrverbindungen Wert gelegt. Wird das Stahlpanzerrohr dagegen in den Wänden, also unter Putz, oder als Deckenübergang in den Fußboden verlegt, so verlangt man vor allem einen dichten Abschluß gegen die Umgebung.

Die Verarbeitung des Rohres ist in allen Fällen gleichartig, soweit es sich um das Aneinandersetzen der Einzelrohre und das Anpassen an die Verlegungsstelle handelt. Die 3 m langen Rohre, welche an beiden Ende Gewinde besitzen, müssen, soweit nicht eine volle Länge gebraucht werden kann, auf Länge zugeschnitten werden. Dies geschieht im Rohr-



Abb. 55.
Ein leicht zusammenlegbarer, aber feststehender Rohrschraubstock ist für die Verarbeitung von Stahlpanzerrohr am besten.




Abb. 56. Brechen der Rohrkante.

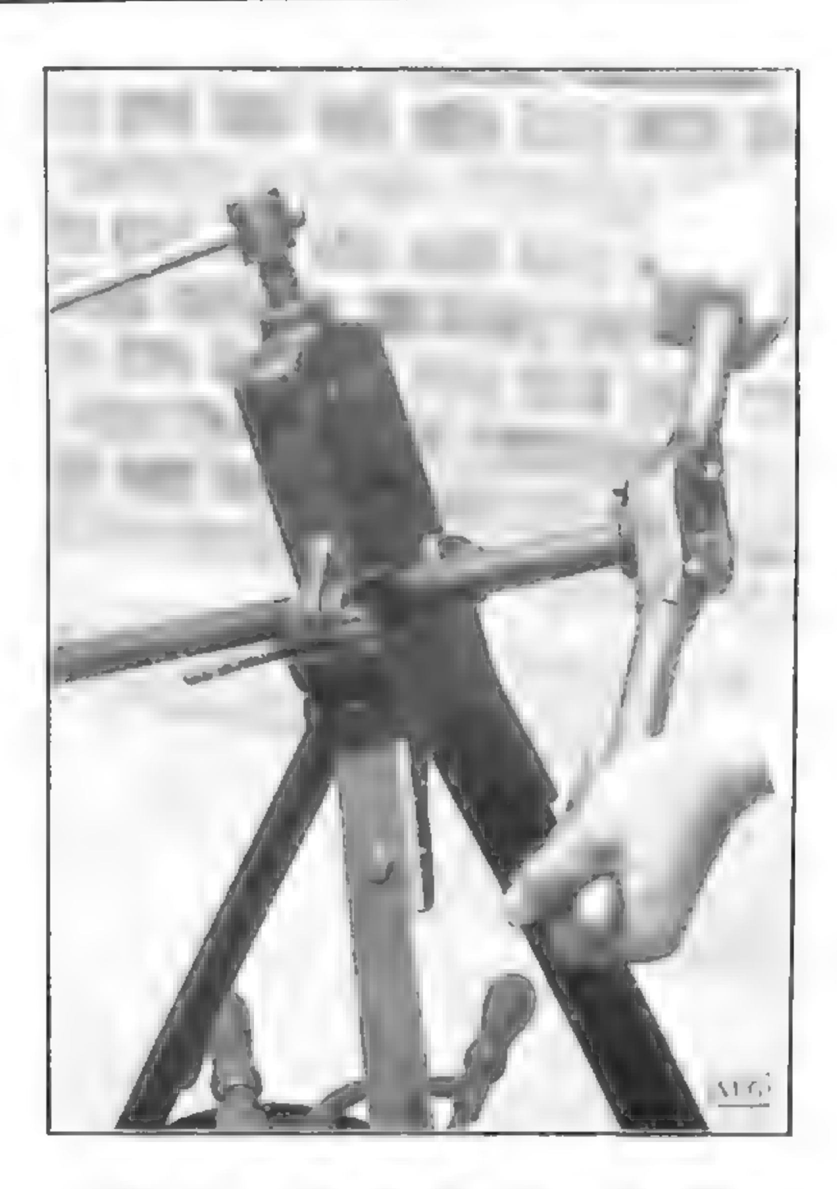


Abb. 57. Aufschneiden des Gewindes.

schraubstock mit der Bogensäge (Abb. 55). Der in der Isolierauskleidung sich bildende Grad wird mit dem Montagemesser weggeschnitten, die äußere Metallkante mit der Feile etwas gebrochen (Abb. 56), um das Schneideisen zum Aufschneiden des Gewindes gut ansetzen zu können (Abb. 57). Die Länge des Gewindes muß in der Regel die halbe Muffenlänge sein. Lediglich an Stellen, an welchen von zwei Seiten aus fest verlegte Rohre durch ein Mittelstück geschlossen werden, muß ein

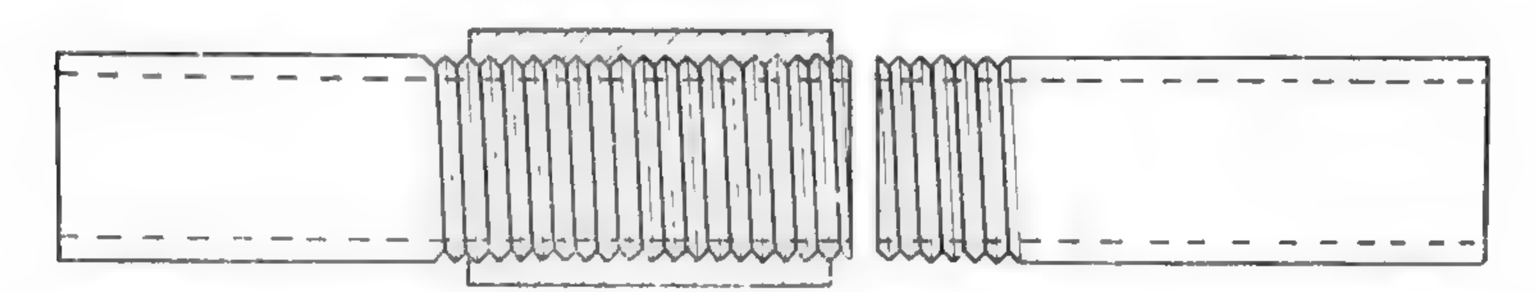


Abb. 58 Langgewinde zur Verbindung von zwei festliegenden Rohren.

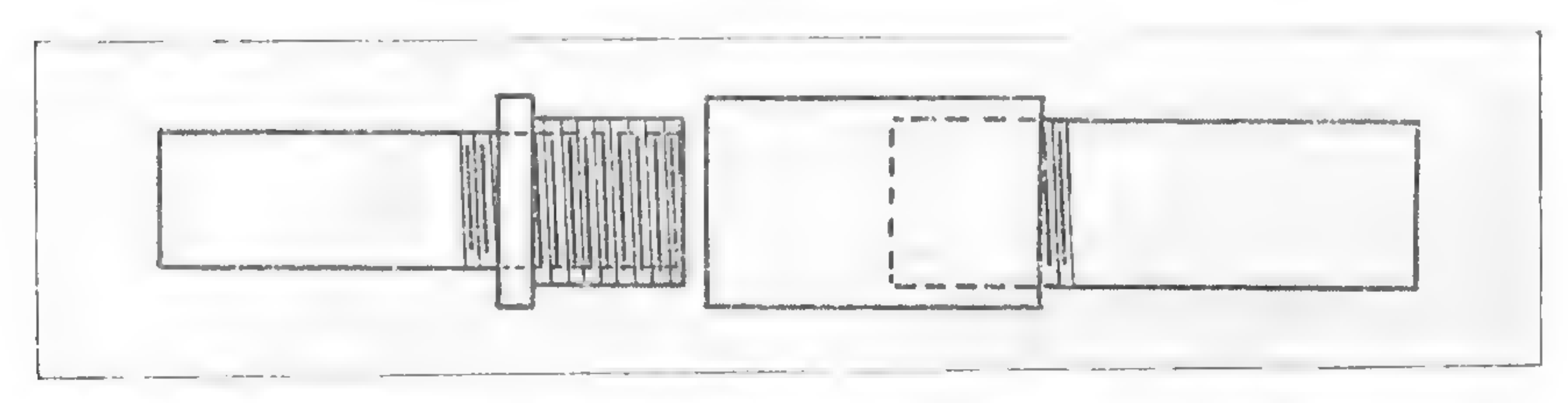


Abb. 59. Anwendung von Reduktionsbuchsen zur Verbindung von zwei verschieden weiten Rohren.



Abb. 60. Biegen von Stahlpanzerrohr auf dem Biegebock.

sogenanntes Langgewinde aufgeschnitten werden, um die Muffe in ihrer ganzen Länge auf ein Rohrende aufschrauben und nach Einlegen des schließenden Mittelstückes über dieses zurückschrauben zu können (Abb. 58). Bei der Anpassung an Krümmungen ist man bei Stahlpanzerrohr in erster Linie auf das Biegen des Rohres angewiesen. Dies geschieht ohne Anwärmen in der Biegevorrichtung (Abb. 60) durch Ziehen an dem längeren Rohrende. Die Biegevorrichtung ist am besten auf einen Bock



Abb. 61. Stahlpanzerrohrverlegung an einer Maschine.



Abb. 62.
Freitragende Stahlpanzerrohre als Lichtinstallation an der Decke

aufzuschrauben, der leicht standfest zu machen ist. Für jede Rohrweite sind besondere Formstücke zu verwenden. Wiederholt sich derselbe Bogen in einer Installation sehr häufig, so empfiehlt es sich, nach einem angepaßten Muster gleich die erforderliche Anzahl hintereinander herzustellen. Für derartige Fälle werden auch fertige Ellbogen geliefert, die aber dadurch wieder mehr Arbeit machen, daß zum Anschrauben ein Rohrende mit Gewinde versehen werden muß, was beim Biegen im Stück nicht nötig ist. Beim Uebergang von einer Rohrweite auf eine andere, wie dies z. B. bei Abzweigen an den Stutzen einer Dose vorkommt, werden Reduktionsmuffen verwendet. Diese haben außen das Gewinde des weiteren Rohres und innen dasjenige der Muffe des engeren Rohres (A. 59).

Bei Wechsel- und Drehstrom müssen die Leitungen aller Pole in einem gemeinsamen Rohr verlegt werden, da bei Verlegung je eines Drahtes in einem Rohr sich eine unzulässige Erwärmung des Rohres und dementsprechend auch ein bedeutender Energieverlust einstellen würde. Bedingen starke Leitungsquerschnitte

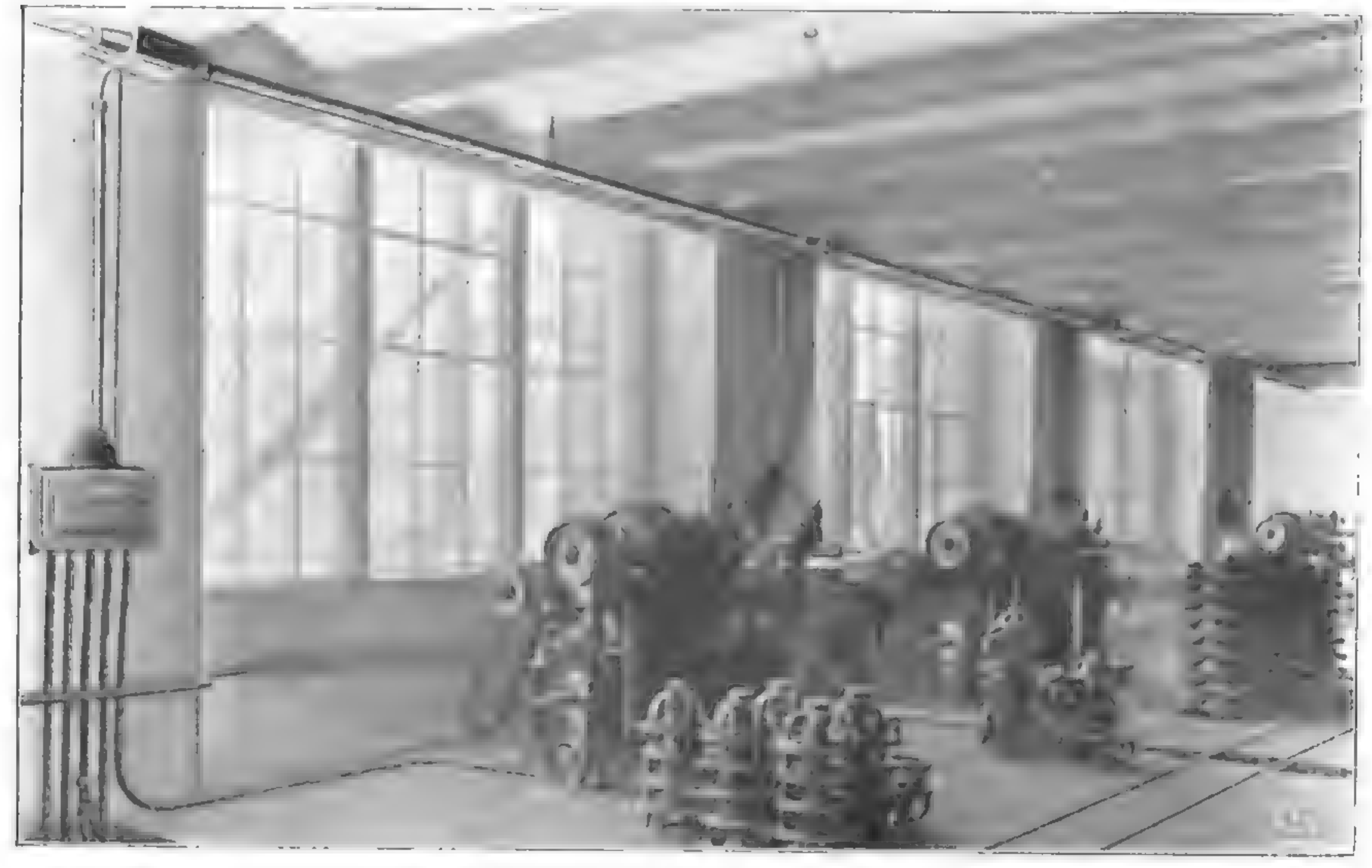


Abb. 63. Offene Verlegung in Gasrohr und Stahlpanzerrohr.

Abb. 65. Offene Verlegung von Bogenlampen-Leitungen in Stahlpanzerrohr.

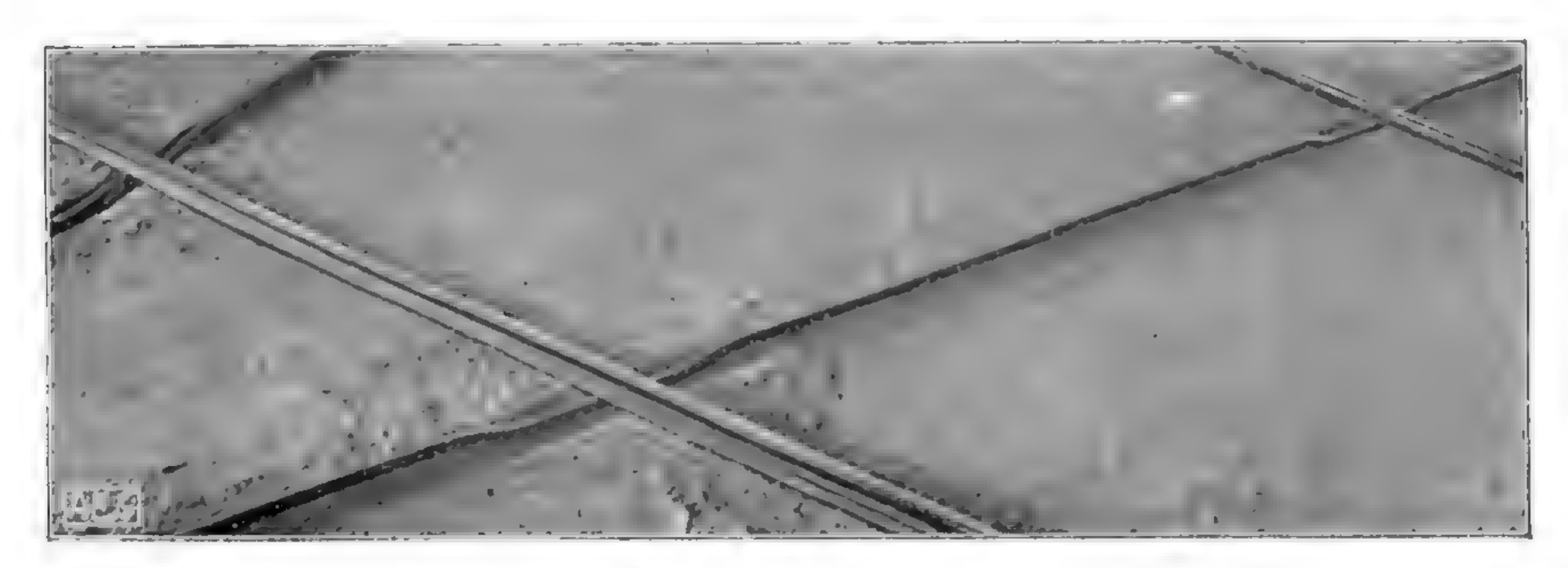


Abb. 66. Kreuzung von Stahlpanzerrohren auf der Betondecke.

hierbei Rohrweiten, welche als Stahlpanzerrohre nicht mehr hergestellt werden, so nimmt man gewöhnliches Gasrohr und die entsprechenden Bogen und Formstücke, die man dann, wie Fig. 63 zeigt, verlegen kann.

Bei der offenen Verlegung geschieht das Vorzeichnen der Maurerarbeiten, das Einsetzen von Dübeln und Befestigungsvorrichtungen ebenso wie bei Isolierrohr mit Metallmantel. An Maschinen erfolgt die Befestigung der Schellen durch Einbohren von Gewindelöchern in die Maschinenkörper. Bei Verlegung des Rohres an der Decke kann man von seiner Festigkeit noch durch freitragende Aufhängung Gebrauch machen, indem man es nach Art der Gas- und Wasserrohre nur in Bandeisenschlaufen hängt, während die starre Befestigung nur an den Abzweigkästen vorgenommen wird.

Bei der Verlegung unter Putz ist zu unterscheiden zwischen der Verlegung in der Wand, wo es nur als nagelsicherer Ersatz für Hartgummi- oder Isolierrohr dient, und der Verlegung in der Decke. Bei ersterer Verwendungsart ist die Vorbereitung zur Verlegung, das Vorzeichnen, Stemmen der Kanäle, ebenso wie bei der gewöhnlichen Isolierrohrverarbeitung auszuführen. Dabei macht das genau ebene und bündige Einsetzen der Abzweigdosen und Schaltergehäuse oft Schwierigkeiten. Es empfiehlt sich daher, gleich im Anschluß an die Verlegung um die Dosen herum einen Kranz putzen zu lassen, der bei kleinen Ungenauigkeiten allmählichen Uebergang auf die Wandflächen gestattet.

Bei der Verlegung in der Decke, also unter dem Fußboden des oberen Stockwerkes, handelt es sich zunächst nur um den einfachen Deckenübergang in Beleuchtungsanlagen, das ist das Verbindungsrohr zwischen dem Auslaß der Lampe und der nächstliegenden Wand. Dieser besteht in der Regel nur aus einem geraden Rohr und einem rechtwinkligen Krümmer an jedem Ende. Wie bei allen Verlegungen unter Putz sind insbesondere bei der Verlegung in der Decke die Muffen mit Mennige abzudichten, damit Wasser nicht von außen eindringen kann.

Bei weitergehender Verlegung der Stahlpanzerrohre in der Decke,





Abb. 64.
Fertig montierte Schalterleitung. An dem senkrechten Abzweig Reduktionsmuffe.



Abb. 67. Vorzeichnen des Deckendurchbruches durch Abschnüren.

also in Anlagen, in welchen Wände nicht zur Verfügung stehen, werden die Lichtauslässe gleichzeitig als Abzweigstellen verwendet. Diese Verlegungsart wird in Warenhäusern, Bureaugebäuden und dergleichen angewendet. Hier werden zunächst die Deckendurchbrüche an den Punkten vorgezeichnet, an welchen die Beleuchtungskörper später hängen sollen. In der Regel geschieht dies durch „Abschnüren“, indem man sich nach der Einteilung der Decke richtet (Abb. 67). Nachdem von unten durchgestemmt ist, kann auf der Decke mit



Abb. 68. Verlegen von Stahlpanzerrohren auf der Decke.

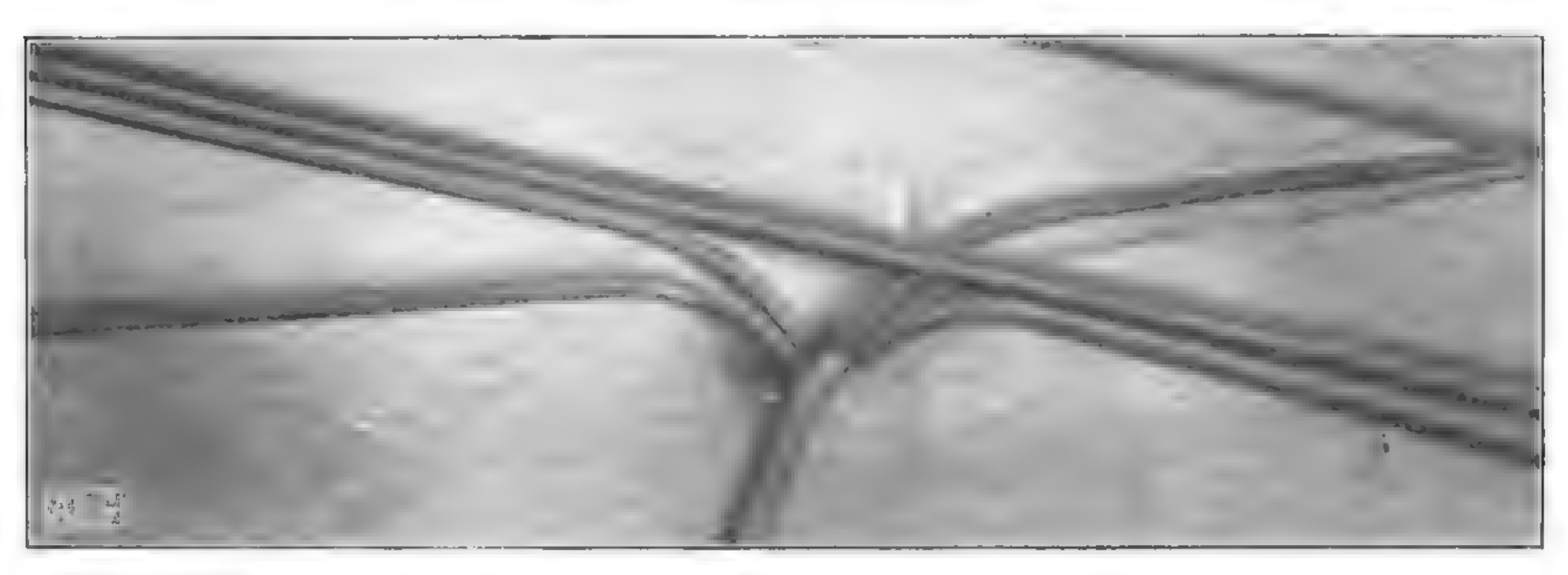


Abb. 69. Stahlpanzerrohre über einem Deckendurchbruch.

der Rohrverlegung begonnen werden. Die von Lampe zu Lampe laufenden Rohre werden zugepaßt und lose auf die Decke gelegt (Abb. 68). Bei Kreuzungen müssen geringe Kröpfungen gemacht werden, die nach unten gerichtet sind, damit die Rohre nicht mehr als eine Rohrstärke auftragen (Abb. 68). An den Auslässen für die Lampen laufen dann mehrere Rohre zusammen (Abb. 69). Schließlich sammeln sich



Abb. 70. Herunterführung der Stahlpanzerrohre zur Verteilungszentrale in der ausgestemmten Mauernische.

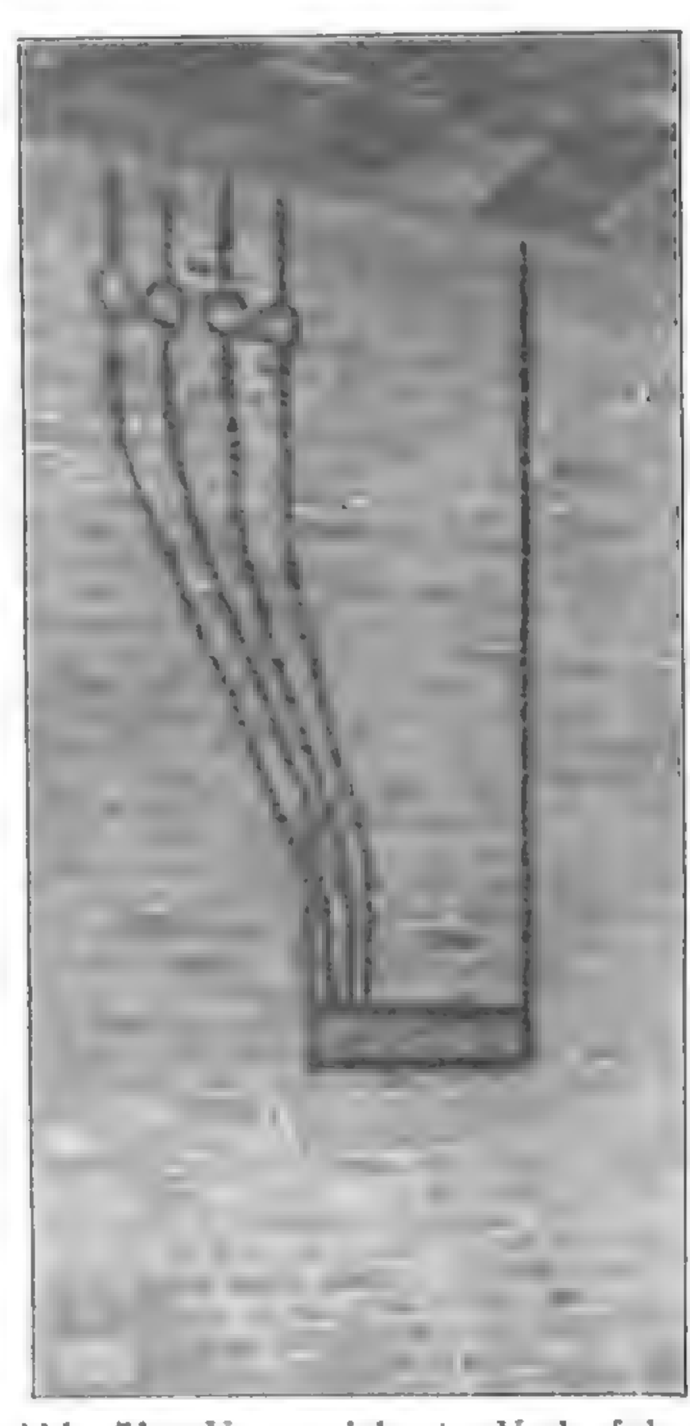


Abb. 71. Vorgezeichneter Verlauf der auszustemmenden Kanäle und Nischen.



Abb. 72. Die Rohre sammeln sich zur Herunterführung über der Verteilungszentrale.

alle Rohre an den Verteilungsstellen (Abb. 72). Da diese aber in demjenigen Stockwerk liegen müssen, welches von den zugehörigen Lampen beleuchtet wird, so müssen die Rohre nach unten geführt werden (Abb. 70). Die Verteilungsstelle, welche auf der allein verfügbaren Treppenhauswand zu sitzen pflegt, wird hierzu durch eine Rohrnische mit der Decke verbunden, die, wenn nicht vorher schon ausgespart, vorgezeichnet (Abb. 71) und danach ausgestemmt werden muß.

Verlegung von Kabeln.

Im Freien erfolgt die Verlegung von Kabeln unmittelbar in der Erde. Hierfür werden Kabelgräben (Abb. 73) von etwa 70 cm Tiefe ausgehoben, welche bei 1—3 Niederspannungskabeln etwa eine Spatenbreite haben sollen. Das Kabel soll möglichst in Sand gebettet werden. Man kann bei zahlreichen Kabeln auch zwei, höchstens drei Lagen von Kabeln übereinanderlegen. Hierbei empfiehlt es sich, auf jede Lage Kabel eine Sandschicht zu schütten. Auf die eingelegten Kabel wird vielfach eine Schicht Ziegelsteine gelegt, damit man bei späteren Erdarbeiten nicht unvermutet auf die Kabel trifft.

In Gebäuden werden für die wagerecht verlaufenden Kabel vielfach gemauerte Kanäle, meist im Kellerfußboden hergerichtet, welche mit eisernen oder aus Beton hergestellten Abdeckplatten zugedeckt werden (Abb. 78 und 79). Für die Kanäle genügt in der Regel eine Tiefe von 30 cm. Die Breite richtet sich nach Anzahl und Stärke der Kabel, sollte aber schon mit Rücksicht auf Verbindungs- und Abzweigmuffen nicht unter 30 cm betragen.

Soweit die Kabel an Wänden oder Decken verlegt werden müssen, sind eiserne Kabelträger notwendig. Wagerecht an der Wand liegende Kabel werden am einfachsten in hakenförmigen Flacheisen verlegt, die in Abständen von höchstens 80 cm angebracht werden. Diese Verlegung (Abb. 74) ist meist nur an Wänden von Tunneln u. dgl. möglich, da die Kreuzung von Türen bei zahlreichen Kabeln meist Schwierigkeiten bereitet.

Für wagerecht an Decken verlaufende Kabel werden Eisenkonstruktionen nach Abb. 80 und 81 angeordnet. Die Konstruktion gestattet das Hochheben und Einlegen jedes einzelnen Kabels in die fertig montierten Eisenregister und eine bequeme Verschiebung einzelner Kabel. Für 1 bis 3 Kabel kann man entsprechend vereinfachte Formen wählen, die nur eine Befestigung in der Decke verlangen und gleichartige Kabelschellen besitzen.



Abb. 73. Auslegen eines Hochspannungs-Kabels in einen Kabelgraben.



Abb. 74. Kabel an der Wand eines Tunnels auf Hakenregistern. (Leiste mit Bezeichnungsschildern)

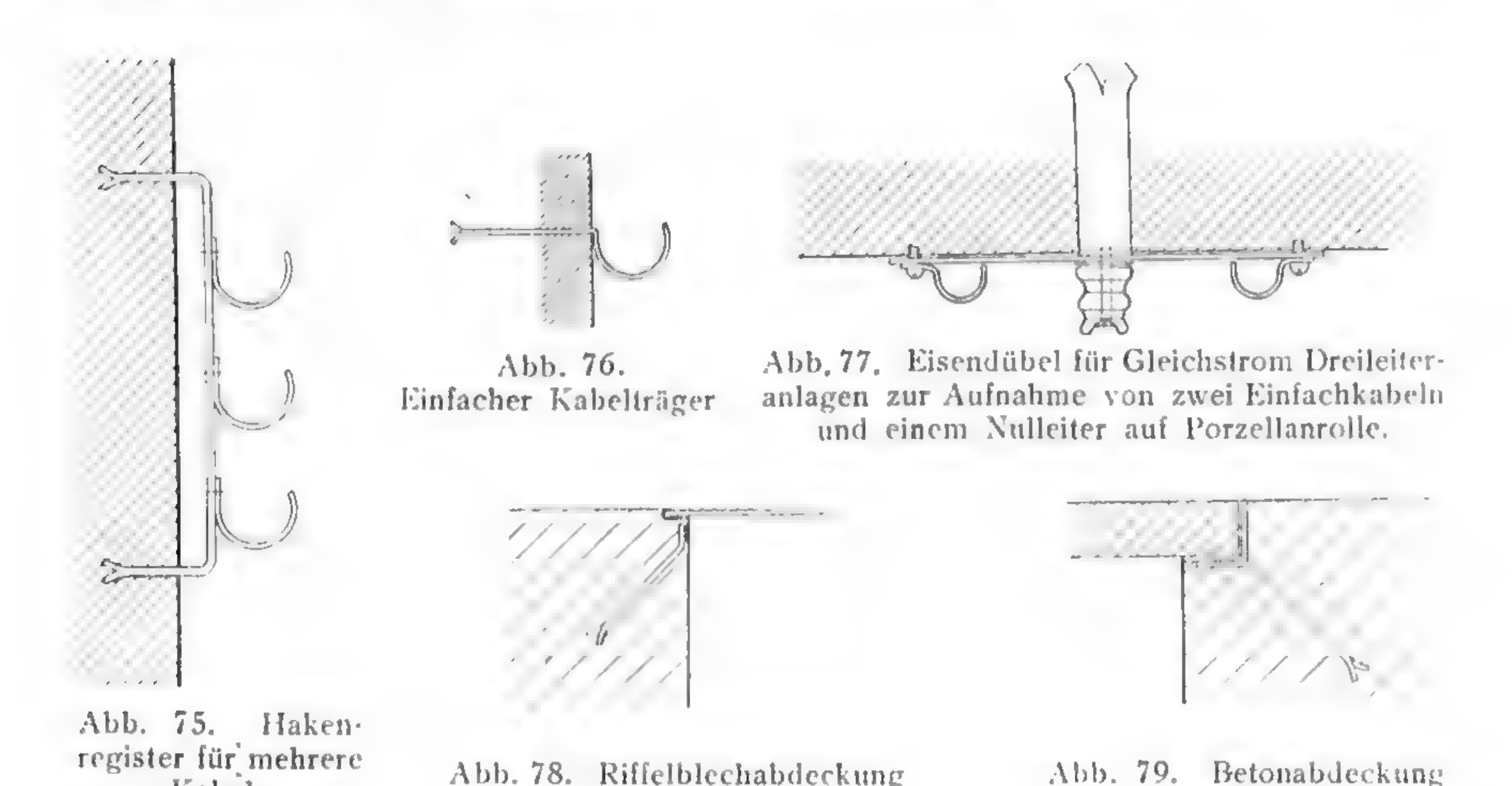


Abb. 75. Hakenregister für mehrere Kabel.

Abb. 76. Einfacher Kabelträger

Abb. 77. Eisendübel für Gleichstrom Dreileiteranlagen zur Aufnahme von zwei Einfachkabeln und einem Nulleiter auf Porzellanrolle.

Abb. 78. Riffelblechabdeckung eines Kabelkanals.

Abb. 79. Betonabdeckung eines Kabelkanals.

Alle an Eisenkonstruktionen verlegten Kabel müssen nach der Verlegung mit dem Holzhammer gerade gerichtet werden.

Senkrecht an der Wand verlaufende Kabel, also Steigeleitungen u. dgl., müssen an allen Tragstellen festgeklemmt werden (Abb. 82). Bei allen eisenbandarmierten Kabeln können die Schellen, wenn sie gut passen, aus Eisen sein. Man muß aber dafür sorgen, daß sie auf dem Umfang gleichmäßig aufliegen und nicht zum Eindrücken des Bleimantels führen. Deshalb werden hierfür oft Holzklemmen verwendet oder in die Eisenschellen Holzeinlagen gelegt.

Bei Wand- und Deckendurchgängen, also auch beim Eintritt eines in der Erde verlegten Kabels in ein Gebäude, sollen die Kabel durch Rohre vom Mauerwerk getrennt bleiben. Dies ist auch zum bequemeren Ausziehen der Kabel zu empfehlen. Beim Durchgang durch Zwischenwände und besonders durch Decken ist es meist einfacher, eine entsprechende Oeffnung freizulassen und das Kabel frei durchzuführen. Ist

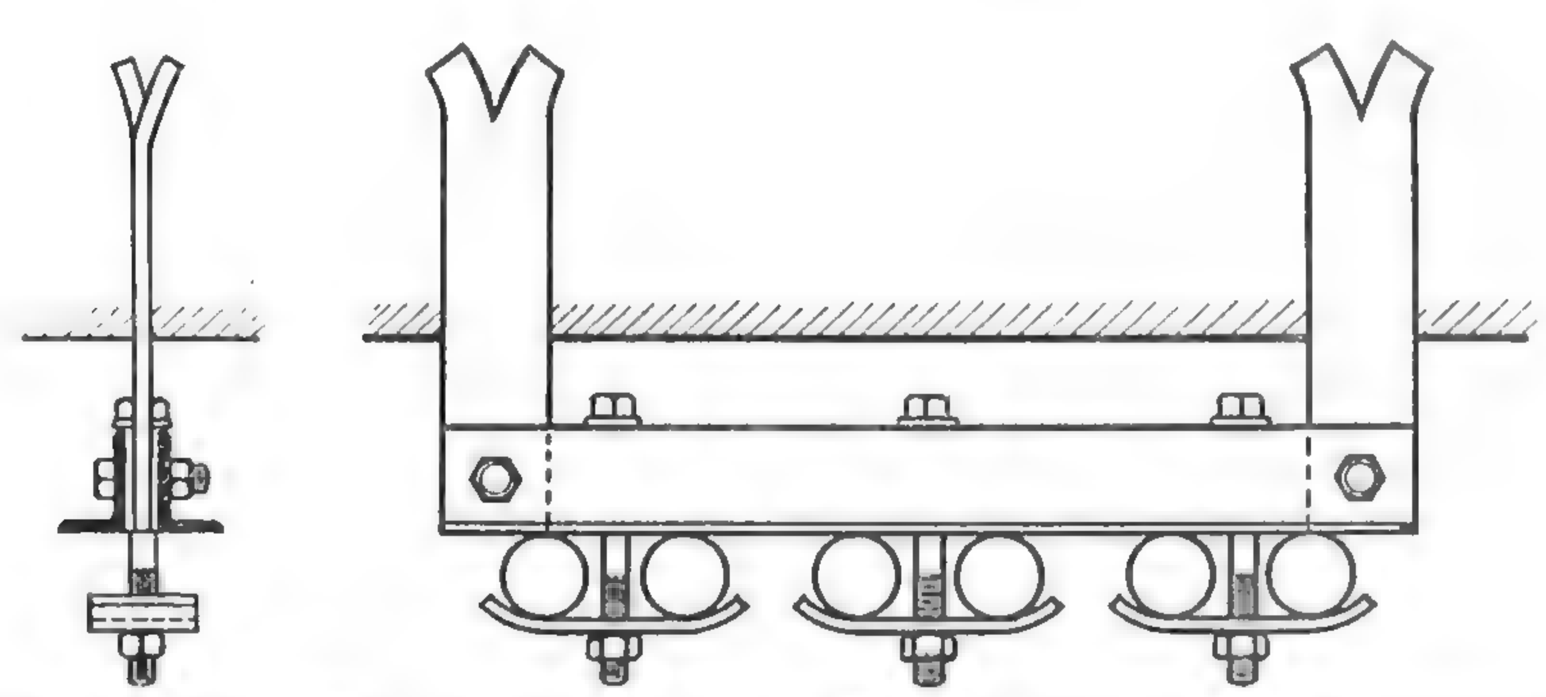


Abb. 80. Eisenregister für zahlreiche Kabel. Bequemes Auflegen der einzelnen Kabel. Verschiebbare Kabelträger.

ein dichter Abschluß zwischen zwei Räumen notwendig, so werden die Zwischenräume zwischen Rohr und Kabel durch Hanf, Teerstrick oder dgl. ausgefüllt.

Bei der Verarbeitung von Kabeln ist zunächst darauf zu achten, daß das Kabel nicht zu kalt ist. Bei weniger als + 7° C Wärme, also vor allem bei Frost, soll Kabel nicht gelegt werden. Innerhalb von Gebäuden läßt sich eine genügende Temperatur der Umgebung leicht erzielen. Im Freien ist die Verlegung bei Frost schon mit Rücksicht auf die Erdarbeiten meist nicht angängig. Dagegen sieht man häufig, daß das Kabel im Freien in der Kälte gelagert hat, was an sich nichts schadet, dann aber sofort in Gebäuden im kalten Zustande verarbeitet wird. Das ist unzulässig, da dann die Isolation leicht bricht. Das Kabel soll vielmehr 12 Stunden vor der Verlegung in einem warmen Raum gelagert werden.

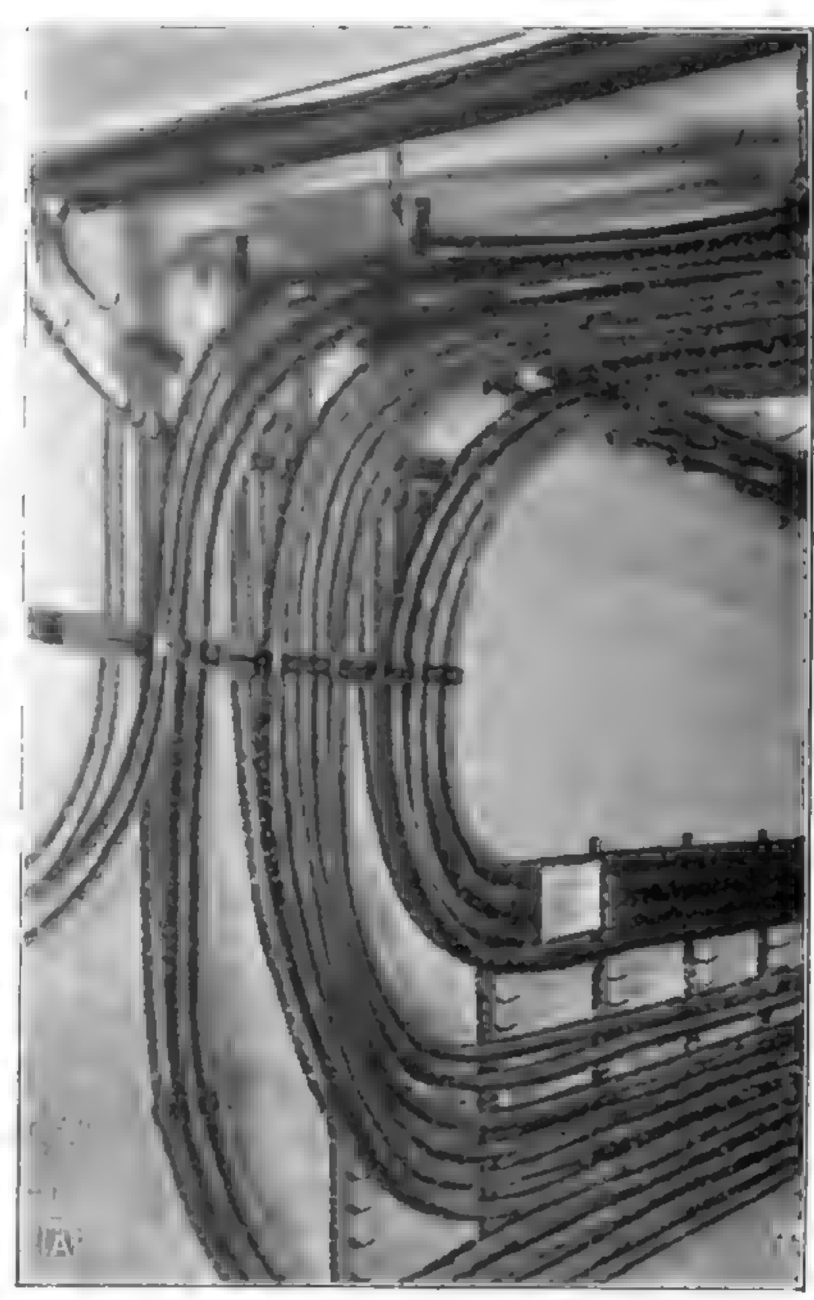


Abb. 81. Uebergang von Wand- auf Deckenverlegung.

Das Kabel wird in der Regel auf Trommeln geliefert. Enger als die innerste Lage der Trommeln soll das Kabel nicht aufgewickelt werden. Sowohl während der Verarbeitung als nach der fertigen Verlegung soll das Kabel nur im schlanken Bogen geführt werden. Bogen mit einem Radius von weniger als dem 15fachen der Kabelstärke sind unzulässig (Abb. 83). Zum Abrollen des Kabels sollen stets Windeböcke

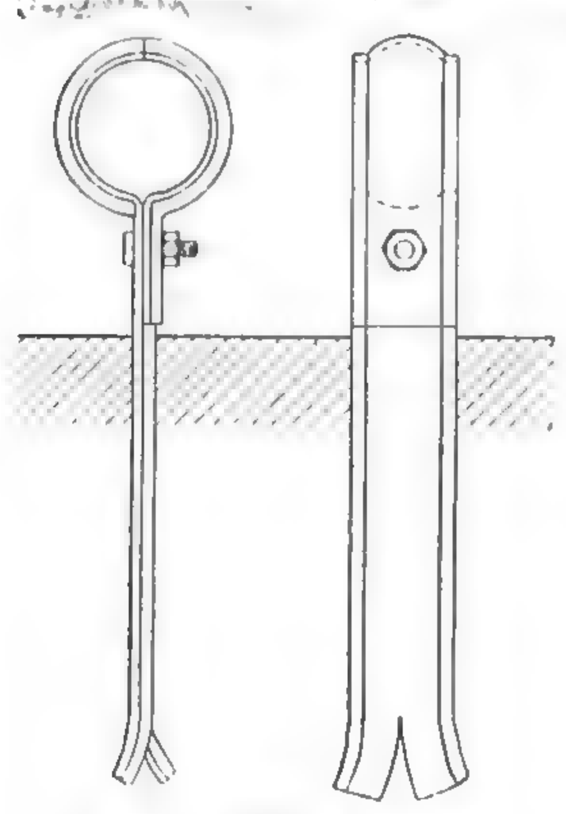


Abb. 82. Fertig gepreßte Rohrschelle zur Aufnahme eines Kabels

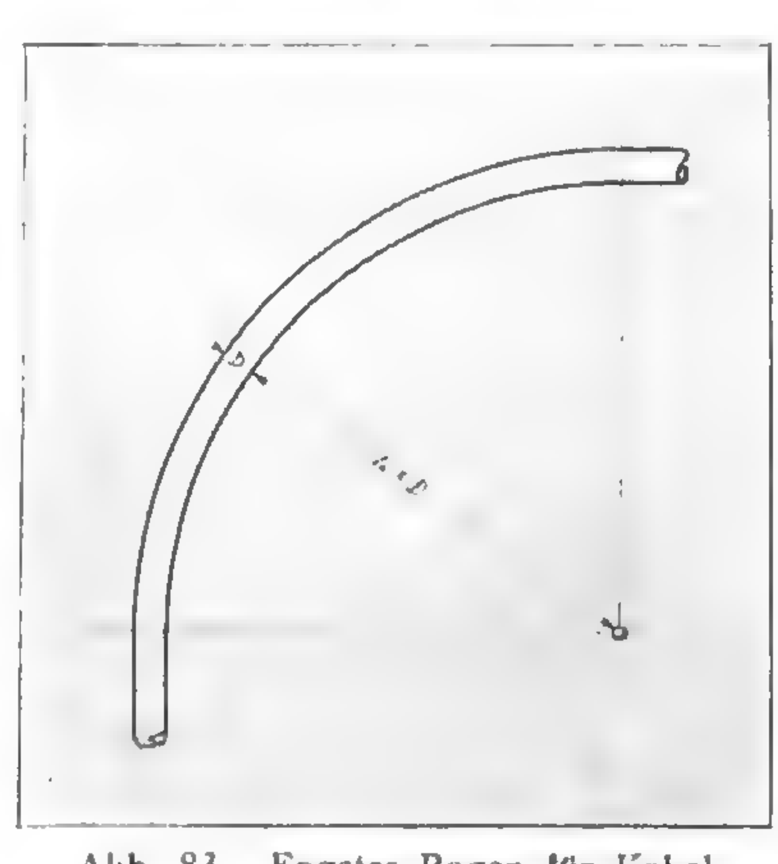


Abb. 83. Engster Bogen für Kabel.

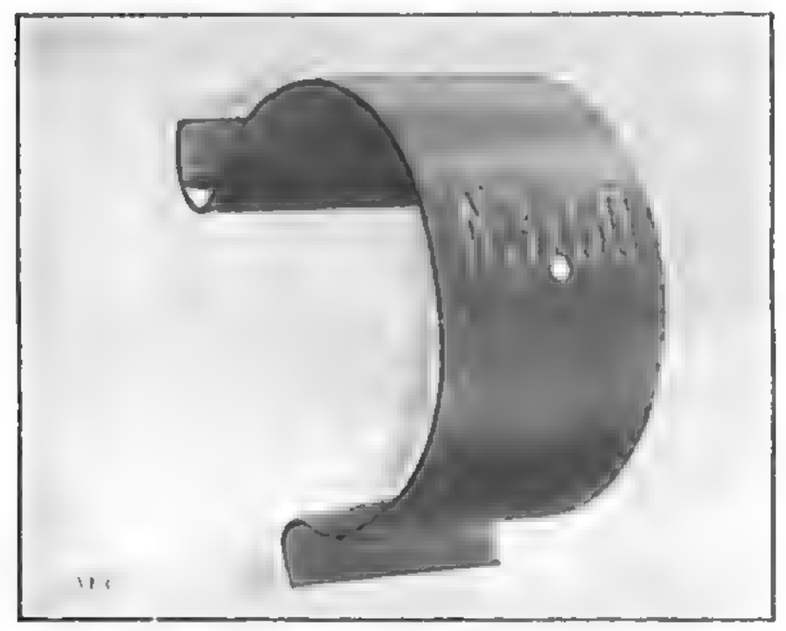


Abb. 84. Kabelmarke (Polaritätszeichen).

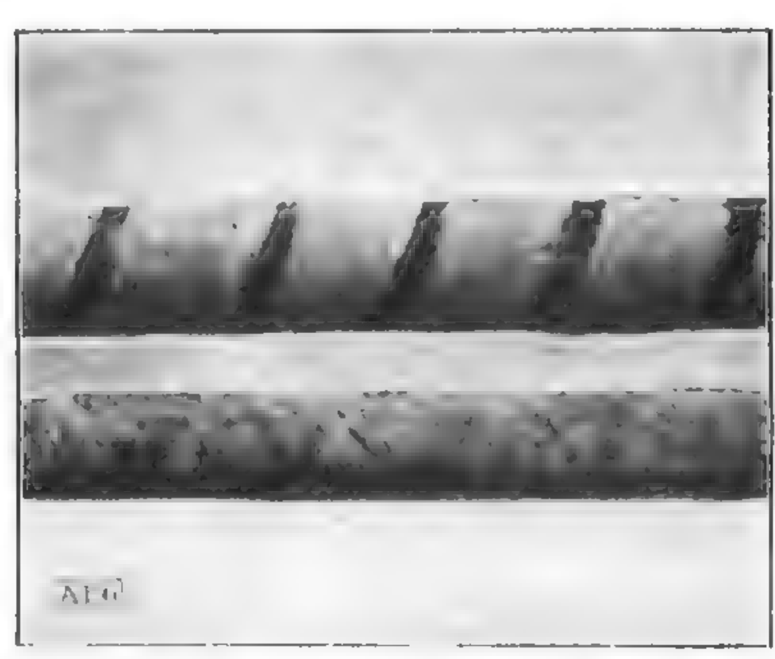


Abb. 85. Hochspannungskabel (oben) und Niederspannungskabel (unten).

und Wellen verwendet werden (Abb. 73). Erstere kann man nötigenfalls bei leichten Kabeltrommeln durch leere Kisten mit vor die Welle genagelten Klötzen ersetzen. Kürzere Kabelenden, welche in Ringen geliefert sind, müssen auf dem Boden ausgerollt werden, so daß keine Verdrillung eintritt. Beim Auslegen eines Kabels darf dieses nie auf Zug beansprucht werden, es ist nur zu tragen, nicht durch Ziehen an einem Ende zu schleifen.

Für die Ausführung von Reparaturen und Aenderungen an verlegten Kabeln ist es wichtig, sie zu erkennen. Um Kabel in der Erde, die man im Gegensatz zu solchen in Gebäuden in ihrem Verlauf nicht verfolgen kann, werden daher Kabelmarken, auch Polaritätszeichen genannt, gelegt (Abb. 84). Um in allen Fällen Hochspannungskabel unterscheiden zu können, erhalten diese in der Fabrikation eine besondere Umwicklung mit einem spiralförmigen Jutefaden (Abb. 85).

Die Bearbeitung der Kabelenden und Abzweigungen erfordert besondere Sorgfalt. Schon beim Abschneiden mit der Bogensäge vermeide man zu scharfes Knicken (Abb. 87). Bevor man den Schnitt ausführt, wird zu beiden Seiten die Jute mit Bindedraht abgebunden.

Wenn eins der beim Schnitt entstehenden Kabelenden nicht sogleich verlegt und durch Kabelendverschluß oder dergl. verschlossen wird, so muß es, damit keine Feuchtigkeit in das Kabel eindringt, eine Kappe aus Bleiblech erhalten, welches man meist von der Verarbeitung anderer Kabelenden zur Verfügung hat. Die Kappe muß die Stirnfläche luftdicht nach außen abschließen. Bei vorübergehender Aufbewahrung genügt ein sorgfältiger Verschluß mit Chatterton-Compound, auf den Gummiband und dann Isolierband gewickelt wird. Umwicklung mit Isolierband allein genügt nicht.

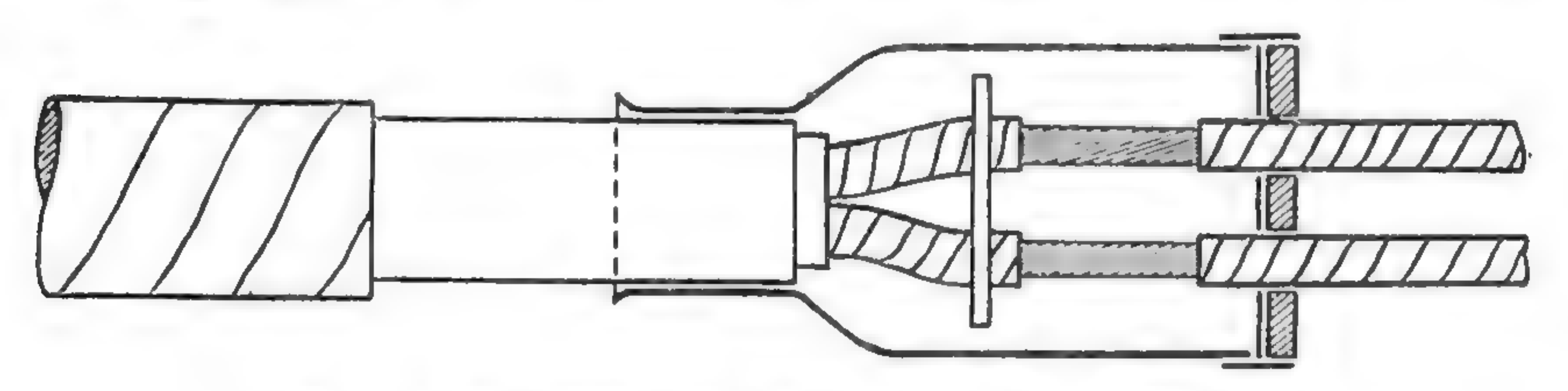


Abb. 86. Das Absetzen der Schichten bei Blechendverschlüssen.



Abb. 87. Abschneiden des Kabels. Nicht stark krümmen Beide Seiten abbinden.



Abb. 88. Entfernen der äußeren Jute.



Abb. 89. Durchfeilen des Eisenmantels.

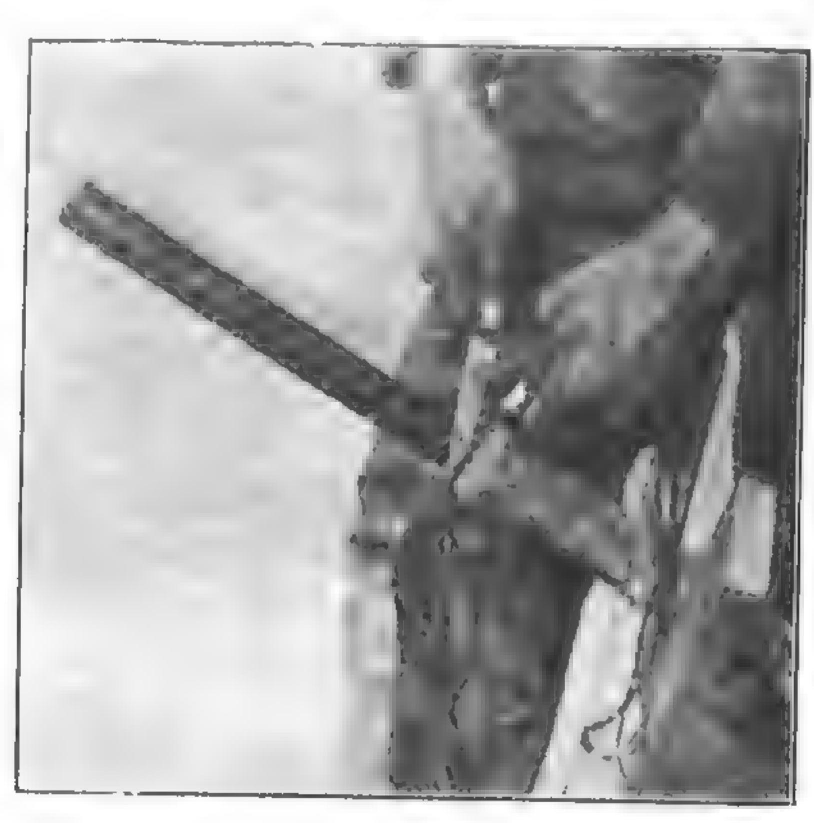


Abb. 90. Abschneiden der inneren Jute. Nicht gegen das Kabel zu schneiden.



Abb. 91. Reinigen des Bleimantels mit Benzin.



Abb. 92. Aufschneiden des Bleimantels. Messer flach (tangential) zur inneren Isolierung.



Abb. 93. Abreißen des Bleimantels.



Abb. 94. Abreißen der Papierisolation nach dem Abbinden.



Abb. 95. Abschneiden der Füllјute. Nicht gegen das Kabel zu schneiden



Abb. 96. Das fertig abisolierte Kabelende



Abb 97. Einführen des Deckels.



Abb. 98. Dichten und Befestigen des Endverschlusses auf dem Bleimantel.

Um ein Kabelende für die Aufnahme eines Blech-Endverschlusses fertigzumachen, wird die äußere Jute in einer solchen Entfernung vom Ende mit Bindedraht abgebunden, die sich aus der Länge des Endverschlusses ergibt. Diese Länge ist größer als diejenige des Endverschlusses, damit, wie man später sieht, letzterer auf das Kabel zurückgeschoben werden kann (Abb. 86). Hinzu kommt noch



Abb. 99. Anwärmen der Vergußmasse auf einem Blechofen, welcher zur Verhütung der Feuersgefahr in einem Sandkasten steht. Vergießen eines Blechendverschlusses

die Länge der Anschlußenden, welche aus den Kabeladern selbst gebildet werden. Die Jute wird abgewickelt und abgeschnitten (Abb. 88). Dann wird mit der Dreikantfeile unmittelbar neben der Abbindung der Eisenmantel ringsherum durchgefeilt (Abb. 89). Hierauf kann man die innere Jute bis zum Ende des Eisenmantels abschneiden (Abb. 90), so daß der blanke Bleimantel freiliegt. Bei diesem Schnitt ist streng darauf zu achten, daß nie gegen das Kabel geschnitten wird, damit

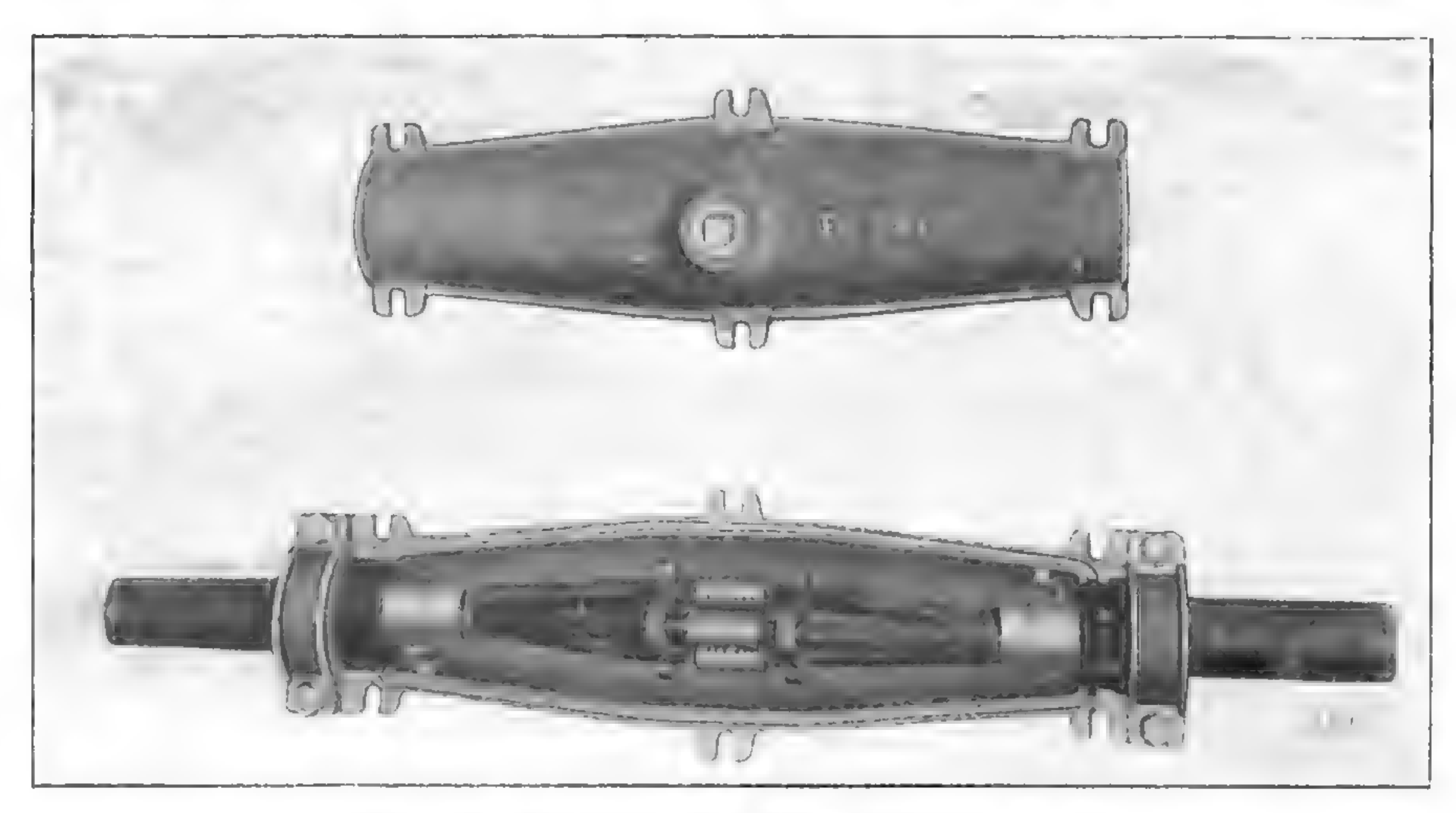


Abb. 100. Zum Vergießen fertige Verbindungsmuffe.

der Bleimantel keinesfalls eingeschnitten oder verletzt wird. Dieser wird dann mit einem benzingetränkten Lappen gesäubert (Abb. 91). Nun muß der Bleimantel auf eine Länge vom Ende entfernt werden, die ebenfalls aus Abb. 86 zu entnehmen ist. Nachdem der Bleimantel ringsherum vorsichtig eingeschnitten ist, wobei aber keinesfalls bis auf die Kabelseele geschnitten werden darf, wird der Längsschnitt flach am Kabel entlang (Abb. 92) geführt. Auch hierbei darf also das innere Kabel nicht beschädigt werden. Jetzt kann man den Bleimantel mit der Hand abreißen (Abb. 93). Kurz über dem Ende des Bleimantels wird das darunterliegende Baumwoliband und die Papierisolation mit Bindfaden abgebunden und kann dann einfach mit der Hand abgerissen werden (Abb. 94). Nun folgt das Abschneiden der Fülljute, was ebenfalls nie gegen die Kabeladern geschehen darf (Abb. 95). Um das Kabelende fertigzumachen, ist jetzt nur noch die Kupferleitung der einzelnen Adern auf 40 mm von der Isolation zu befreien. Die Isolation ist aber hierzu vorher mit Bindfaden abzubinden (Abb. 96). Das Blechgehäuse des Endverschlusses wird jetzt aufgeschoben, das Distanzstück, auch Brille oder Stern genannt, aufgesetzt und die Kabeladern durch den Deckel des Endverschlusses hindurchgeführt (Abb. 97). Bevor man zum Vergießen schreitet, wird der Bleimantel dort, wo der Hals des Endverschlusses aufsitzen soll, zur Abdichtung mit Gummiband umwickelt. Der Endverschluß wird heruntergeschoben und durch Umwickeln des Halses und des Bleimantels mit Isolierband in seiner Lage festgehalten (Abb. 98). Zum Vergießen wird die Masse in einem Kessel, nicht in den Blechbüchsen, welche zum Versand dienen, gewärmt, bis sie gut flüssig ist, und dann der Endverschluß unter Anheben des Deckels langsam reichlich vollgegossen (Abb. 99). Hierbei dürfen sich keine Blasen bilden. Das Verschließen geschieht nach langsamer Erkaltung der Masse. Zum Schutz gegen Feuchtigkeit sind die herausgeführten Adern bis zum Kabelschuh mit Cellonband zu umwickeln.

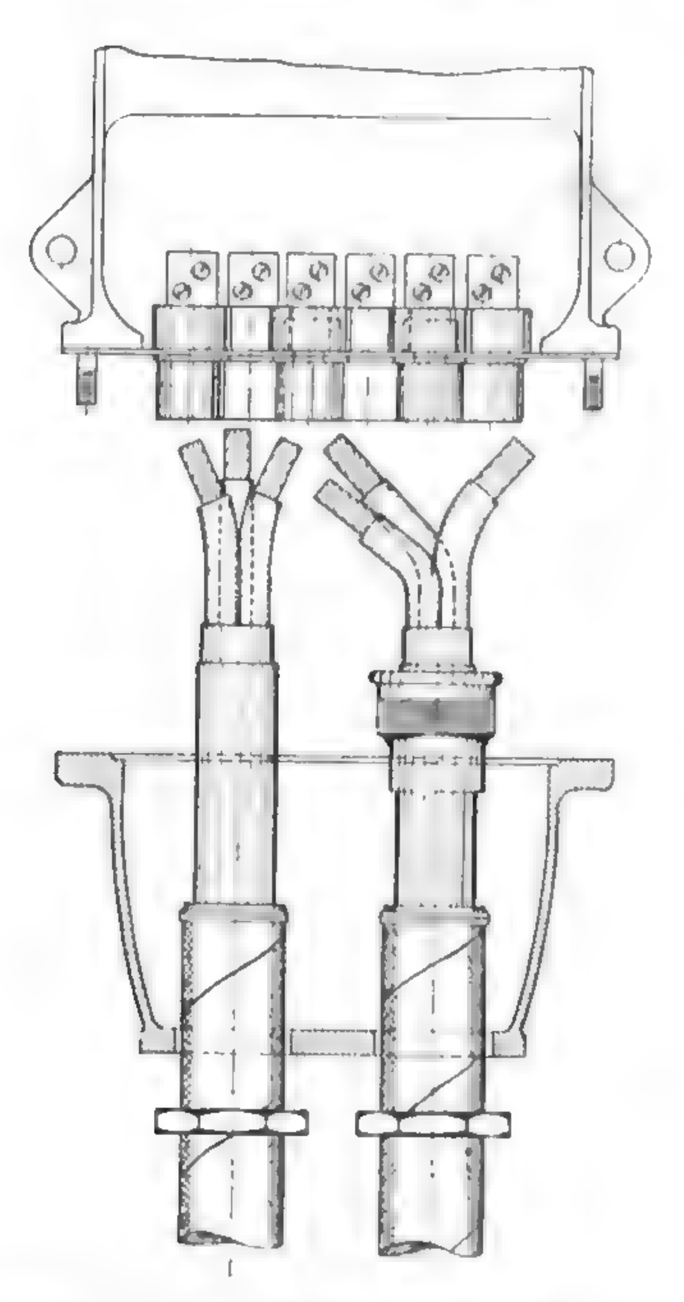
Neben den Blechendverschlüssen kommen bei Niederspannungskabeln nur noch Gummiendverschlüsse für Einfachkabel bis 25 qmm und Tenacit-Endverschlüsse für den Uebergang auf Isolierrohrverlegung vor. Bei diesen wird in ganz ähnlicher Weise verfahren. In der Hauptsache ist stets auf das stufenweise Absetzen der einzelnen Schichten zu achten, insbesondere darauf, daß der Bleimantel genügenden Abstand von den stromführenden Kupferdrähten erhält.

Schließlich verbleiben noch die Verbindungs- und Abzweigmuffen, welche stets aus Gußeisen sind und aus zwei durch Verschraubung verbundenen Hälften bestehen (Abb. 100). Die Vorbereitung der Kabelenden geschieht auch hier wie bei den Blechendverschlüssen unter Berücksichtigung der Längen der Gußeisenmuffen. Für die Dichtung des Muffenhalses wird besondere Leinwand mitgeliefert. Vor dem Vergießen sind die Gußeisenteile mit der Lötlampe gleichmäßig anzuwärmen. Das Vergießen hat absatzweise zu geschehen, damit die Luft aus der Muffe entweichen kann. Das Schließen der Eingußöffnung hat erst nach dem Erkalten zu geschehen.

Montage gekapselter Apparate.

Die in Gußeisengehäusen eingeschlossenen, gekapselten Schaltapparate und Sicherungen finden in allen Werkstätten, Fabriken, in der Landwirtschaft, in Kellern, Kanälen, kurz an all den Stellen Anwendung, an denen rohe Behandlung und ungeschultes Personal in Frage kommen. Als Leitungen, die zu den Apparaten dieser Art führen, kommen daher nur Erdkabel und Stahlpanzerrohr in Frage, da alle anderen Leitungsarten selbst dieser erhöhten Festigkeit nicht gewachsen wären.

Insbesondere für die Apparate größerer Stromstärken, den Schaltkästen, kommt fast nur Kabel für den Anschluß in Betracht. Die Bearbeitung des Kabelendes weicht in vielen Punkten so weit von derjenigen bei einem normalen Endverschluß ab, daß die wesentlichsten Sonderheiten hier angeführt werden müssen. Der einfachste Schaltkasten, der nur einen Schalthebel mit oder ohne Sicherungen oder einen automatischen Ausschalter enthält, besitzt bei Gleichstrom vier, bei Drehstrom sechs Klemmen, von denen die eine Hälfte zur Zuführung, die andere Hälfte zur Ableitung des Stromes bestimmt ist. Normal müssen also zwei Kabel an den Kasten angeschlossen werden, wozu demnach ein Doppelendverschluß nötig ist. Die Muttern der Verschlußbuchsen werden zuerst über das unbearbeitete Kabelende übergeschoben, dann folgt sofort das Gehäuse des Endverschlusses (Abb. 101), und nun erst kann die Bearbeitung des Kabels beginnen. Wie bei dem normalen Endverschluß erfolgt



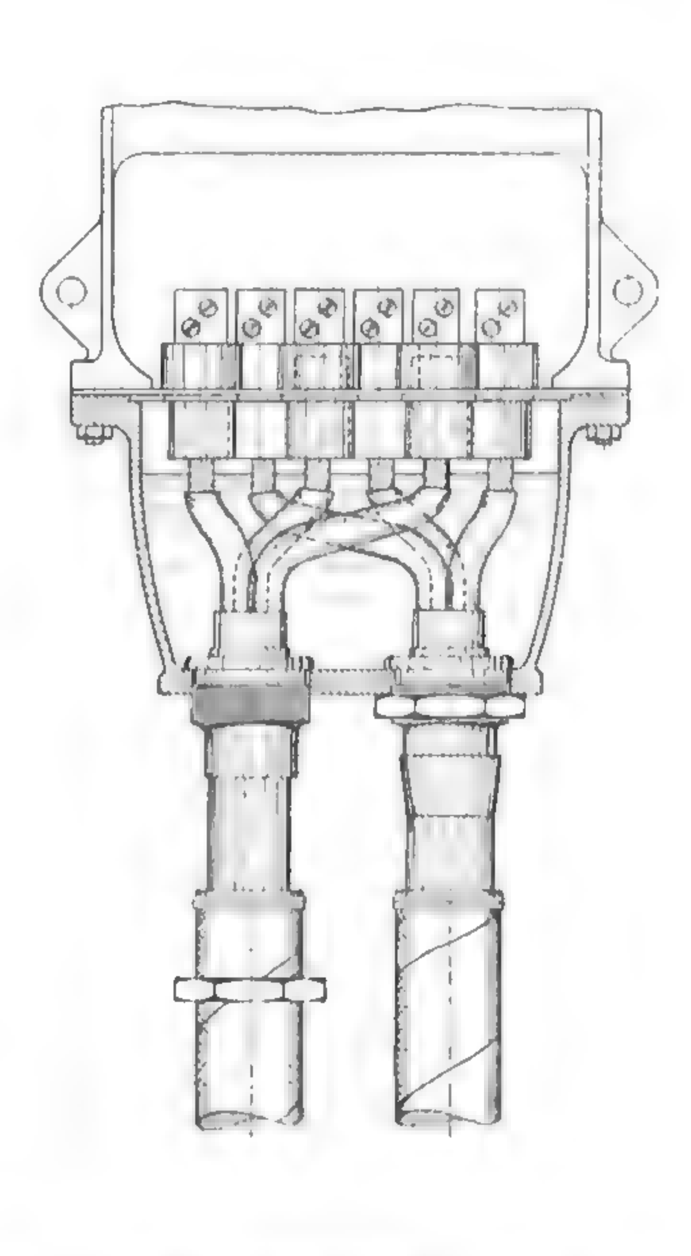


Abb. 101. Schnitt durch den Doppel-Kabelendverschluß eines Schaltkastens vor dem Anschluß der Leitungen (links) und nach dem Vergießen (rechts).

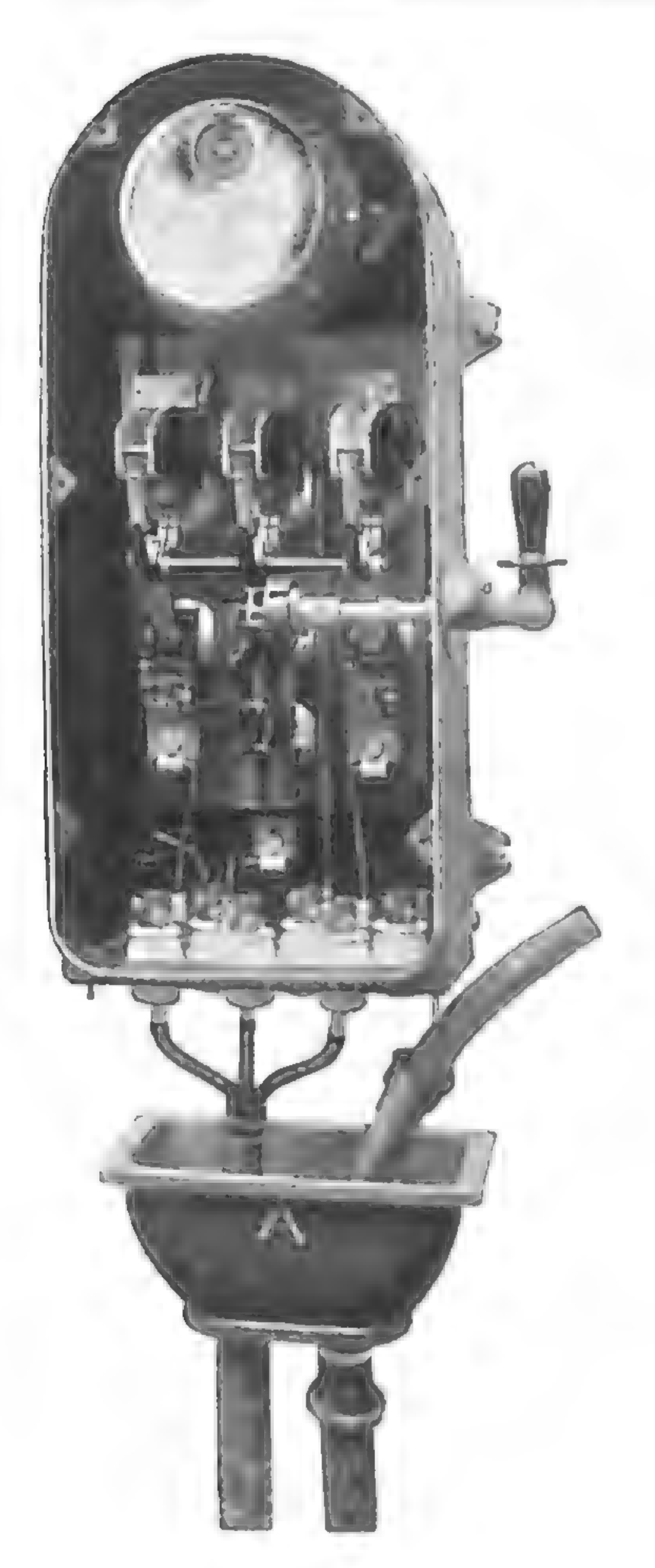


Abb. 102.
Schaltkasten mit dreipoligem Selbstschalter während der Montage des Endverschlusses.



Abb. 103.
Fertig angeschlossene Kabel ohne Bandumwicklung des Bleimantels.

das Abbinden und Abschneiden der äußeren Jute, das Entfernen der Eisenbandarmierung und der inneren Jute, so daß das blanke Bleikabel freiliegt. Nun muß vor der Weiterarbeit die Verschlußbuchse übergeschoben werden, da diese am besten vor dem Oeffnen der einzelnen Adern aufgebracht wird (Abb. 102). Jetzt folgt das weitere Absetzen des Bleimantels, das Abbiegen der einzelnen Kabeladern und Blankmachen des Kabelendes. Bei letzterem ist darauf zu achten, daß die Isolierung so weit zurückgeschnitten wird, daß die später einzufüllende Vergußmasse die Stirnfläche der Isolierung noch bedeckt, also zwischen Unterkante der Porzellaneinführung und der Isolation noch ein angemessenes Stück Kupferseil freibleibt. Beim Anschließen der Kabel auf den richtigen Stromverlauf (Eintritt vorn oder hinten) achten, welcher

bei den einzelnen Arten verschieden ist. Sind so die Kabelenden fertig angeschlossen, dann kann der Endverschluß hochgebracht werden. Die Buchsen werden in die unteren Oeffnungen geschoben und nach Anschrauben des Gußgehäuses an den Kasten mit ihren Muttern fest verschraubt. Zur Abdichtung des Kabelendes gegen die Buchsen und gleichzeitig zum Abschluß des Bleimantels an den geerdeten Schaltkasten ist die Verlötung der Buchse mit dem Bleimantel nötig. Hierzu verwendet man am besten einen Streifen Bleiblech, der vom Kabelende übrig ist, und lötet ihn ringsherum einerseits an die Buchse, andererseits an den Bleimantel (Abb. 103). Man kann nun noch eine Umwicklung des Bleimantels mit Isolierband vornehmen (Abb. 108). Jetzt erfolgt nur noch das Vergießen. In dem Boden des eigentlichen Schaltkastens, der die Anschlußklemmen trägt, befinden sich zwei mit Holzstöpseln ver-

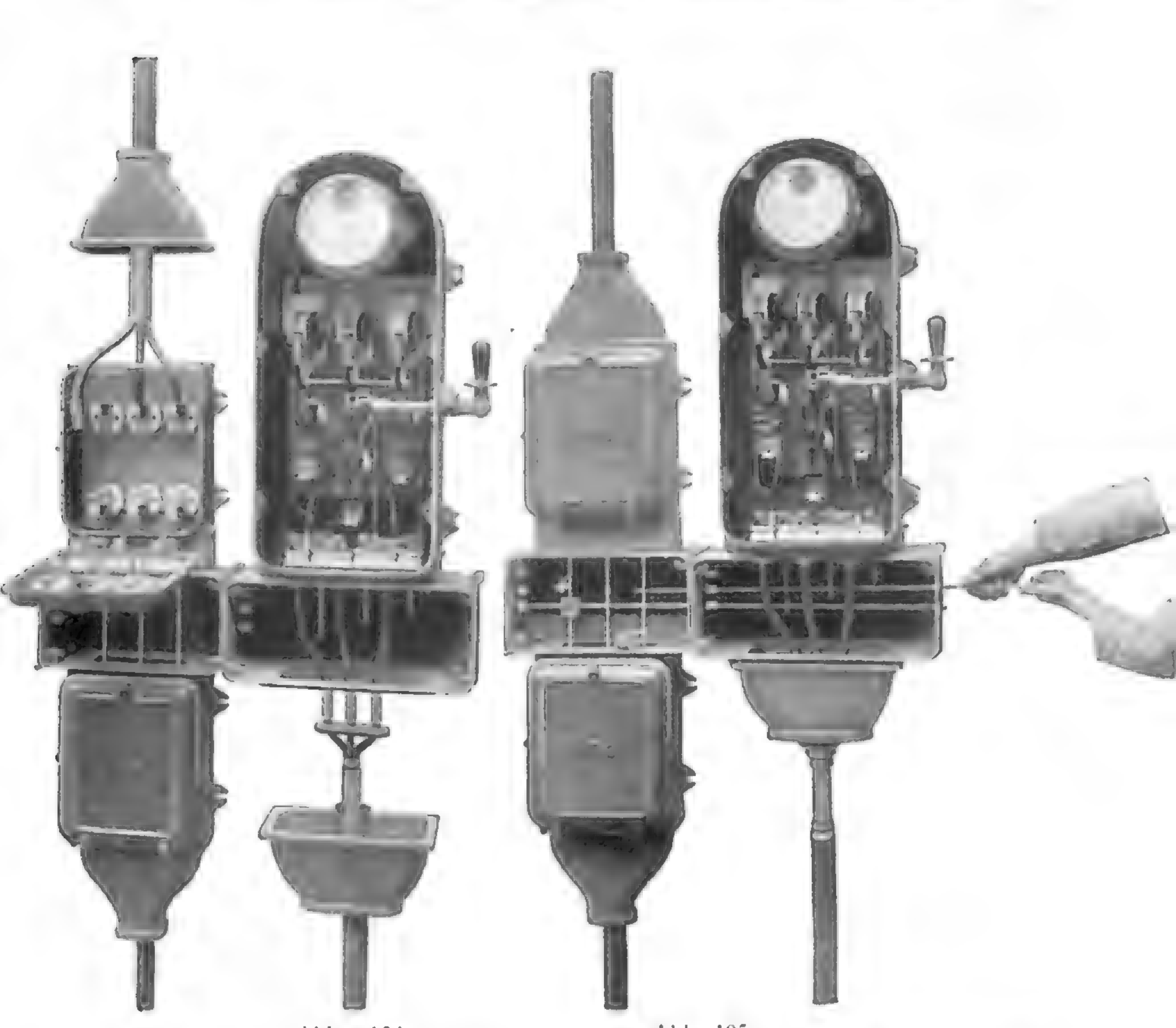


Abb 104. Abb. 105.

Verteilung, bestehend aus automatischem Hauptschalter und zwei dreipoligen Abzweig sicherungen.

Fertig montierter, noch nicht vergossener Endverschluß der Stromzuführung. Oben links Rohranschluß.

Zusammenbau der Sammelschienen und Abzweigstücke

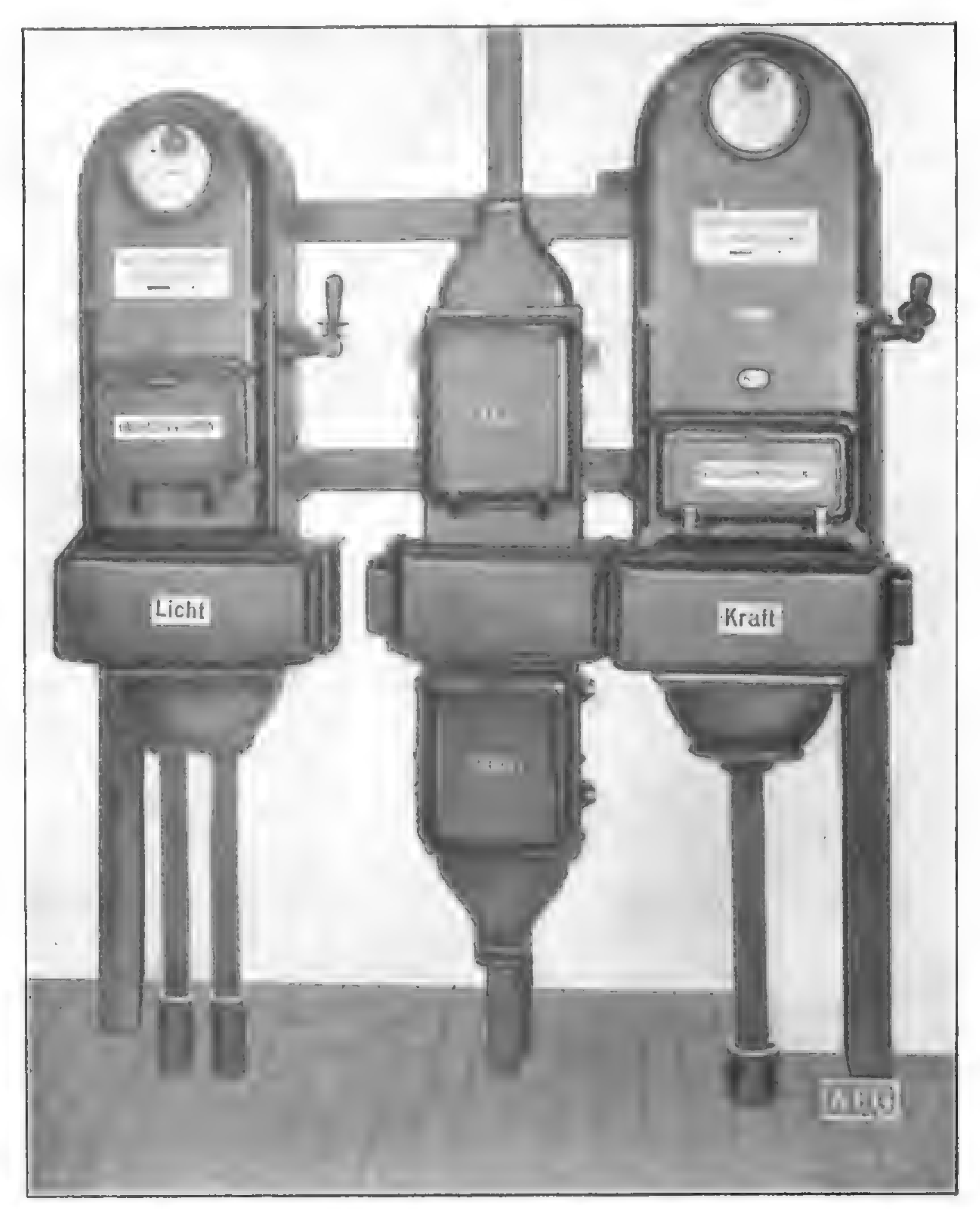


Abb. 106. Fertig montierte gekapselte Schaltanlage.

schlossene Löcher. In eins derselben gießt man die Füllmasse mittels Trichter oder Gießrinne, während aus dem anderen die Luft entweichen kann. Nach dem Erkalten der Masse werden die Holzpfropfen wieder aufgesetzt.

Handelt es sich nicht nur um einen einfachen Schaltkasten, sondern um eine Vereinigung mehrerer Apparate durch Sammelschienenkästen, so kommen in der Regel Doppelendverschlüsse nicht in Frage. Die in einen Einfachendverschluß endigende Stromzuführung muß aber den Sammelschienenkasten zunächst kreuzen, um zu dem Hauptschalter zu gelangen (Abb. 104). Hierbei müssen jedoch die Anschlußleitungen

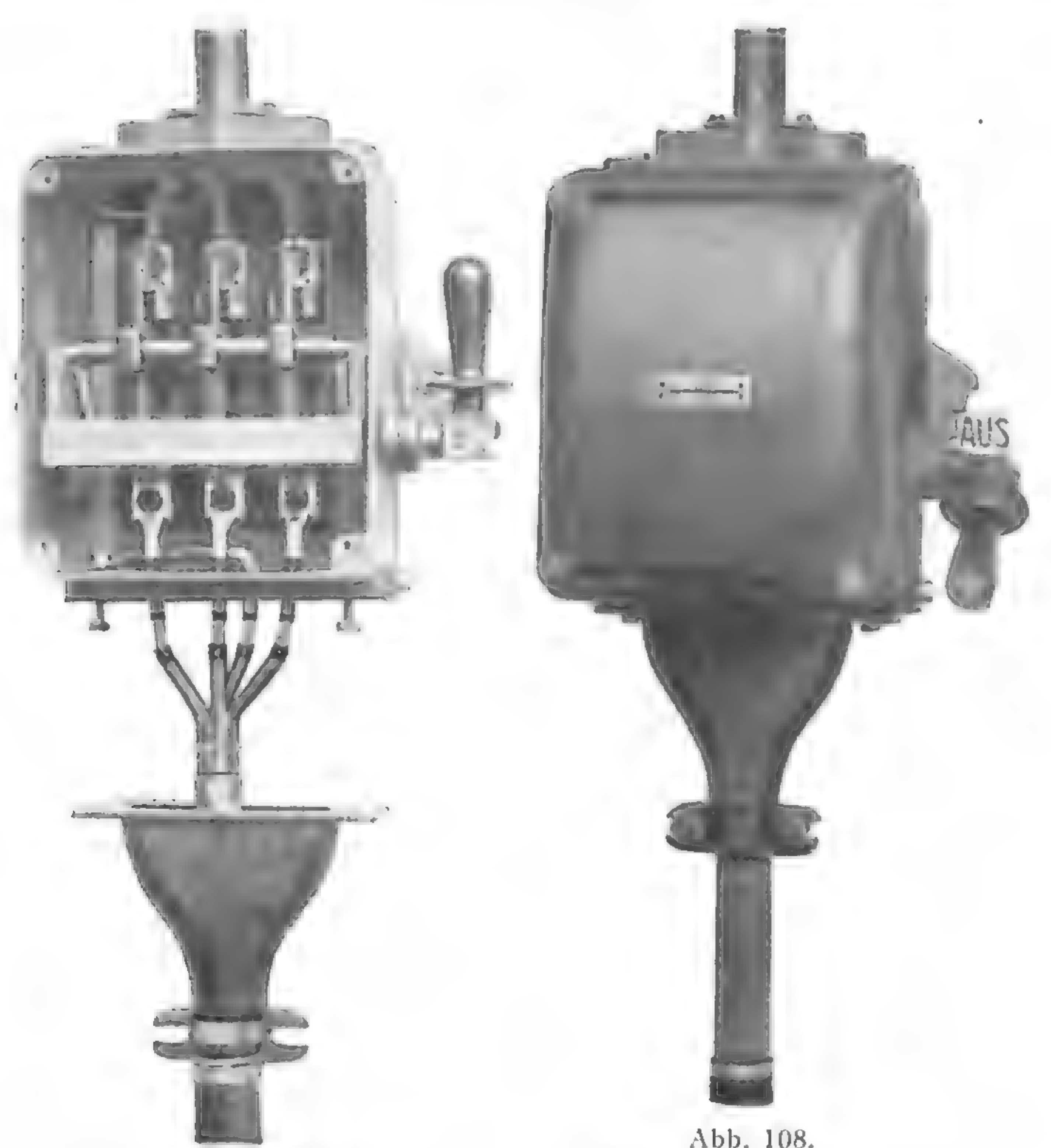


Abb. 107. Hebelschalter für Drehstrom mit geerdetem Nulleiter. Kabel bis zum Hochbringen des Endverschlusses fertig angeschlossen.

Abb. 108.
Kabelendverschluß mit Kabelschelle fertig montiert. Der Bleimantel des Kabels ist mit Band umwickelt.

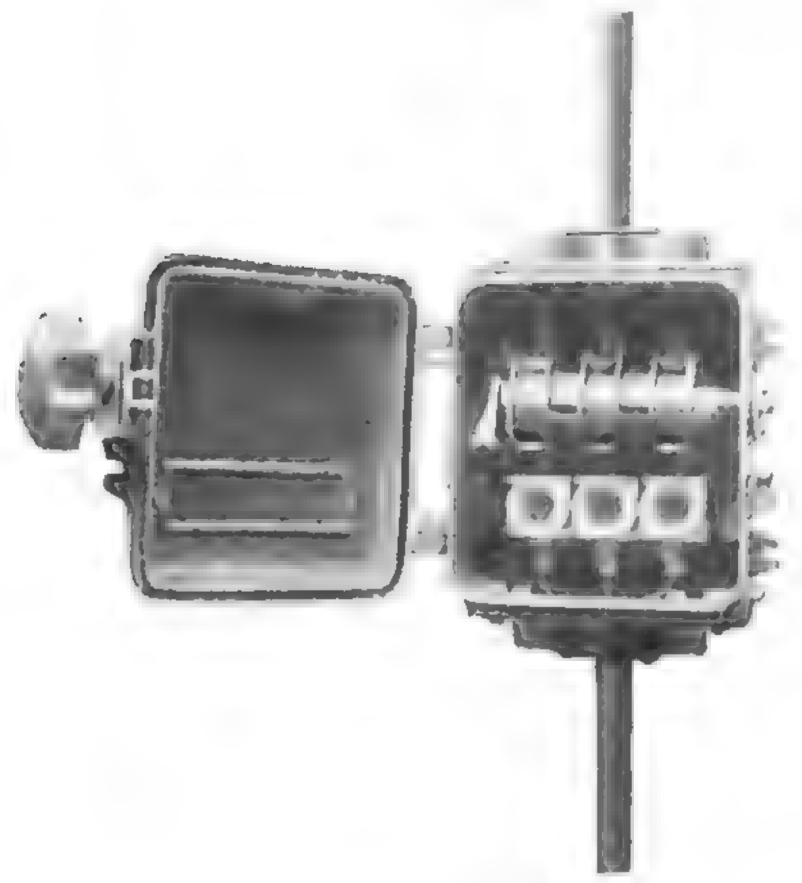


Abb. 109.
Kleiner Schaltkasten mit Sicherungen. Beiderseits mit Rohranschluß fertig montiert.

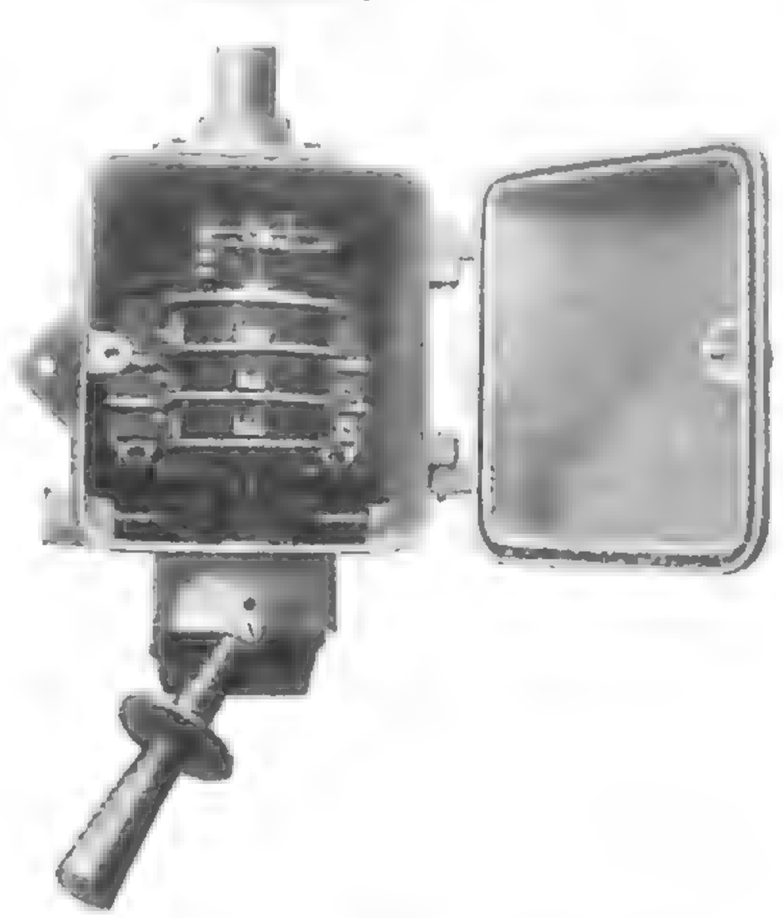


Abb. 110.
Steckerkasten mit Verriegelung durch den Walzenschalter.

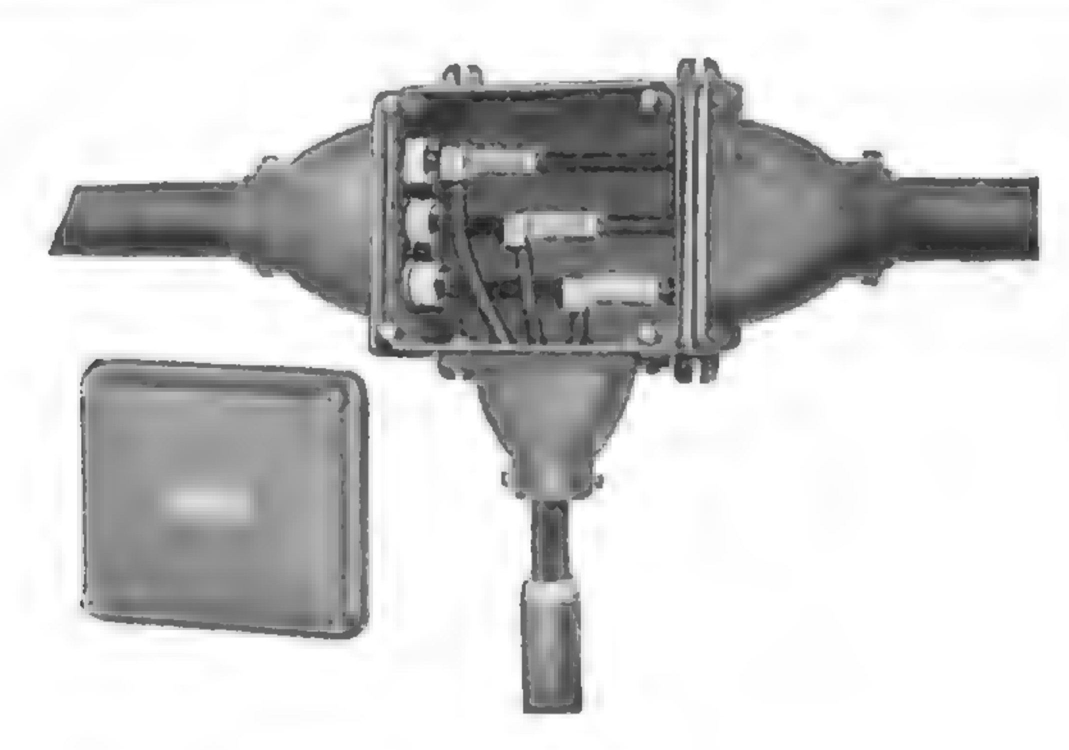


Abb. 111.
Gußeiserner Abzweigkasten für Anschluß von 2"-Rohr und drei GA-Leitungen von 95 qmm

isoliert bleiben; deshalb muß man die Original-Kabelader entsprechend lang frei machen, um sie bis in die Klemmen des Schaltkastens führen zu können. Hier ist also die Montage genau so zu machen wie bei einem gewöhnlichen Endverschluß. Die Kabeladern werden in die Schaltkastenklemmen eingeführt, und nach dem fertigen Anbringen des Endverschlusses erfolgt das Vergießen durch die Oeffnung im Boden des Sammelschienenkastens.

Die bis dahin leeren Sammelschienenkästen werden in der Weise montiert, daß zunächst die kurzen Abzweigenden der angeschlossenen Apparate eingesetzt werden (Abb. 104), sodann folgt erst das Einschieben der runden Sammelschienenstangen, deren Enden an der Einführung durch Porzellantüllen in der Blechwand der Sammelschienenkästen getragen werden. Die Verbindung der Schienen mit den Abzweigen erfolgt dann durch geteilte Abzweigklemmen, die von vorn angezogen werden. Rechteckige Blechscheiben dienen hier als Schraubensicherung in der Weise, daß ein Ende nach hinten um die Klemme, das andere nach vorn um die Mutter gebogen wird, so daß die Stellung der Mutter zu der Klemme unveränderlich ist (Abb. 105).

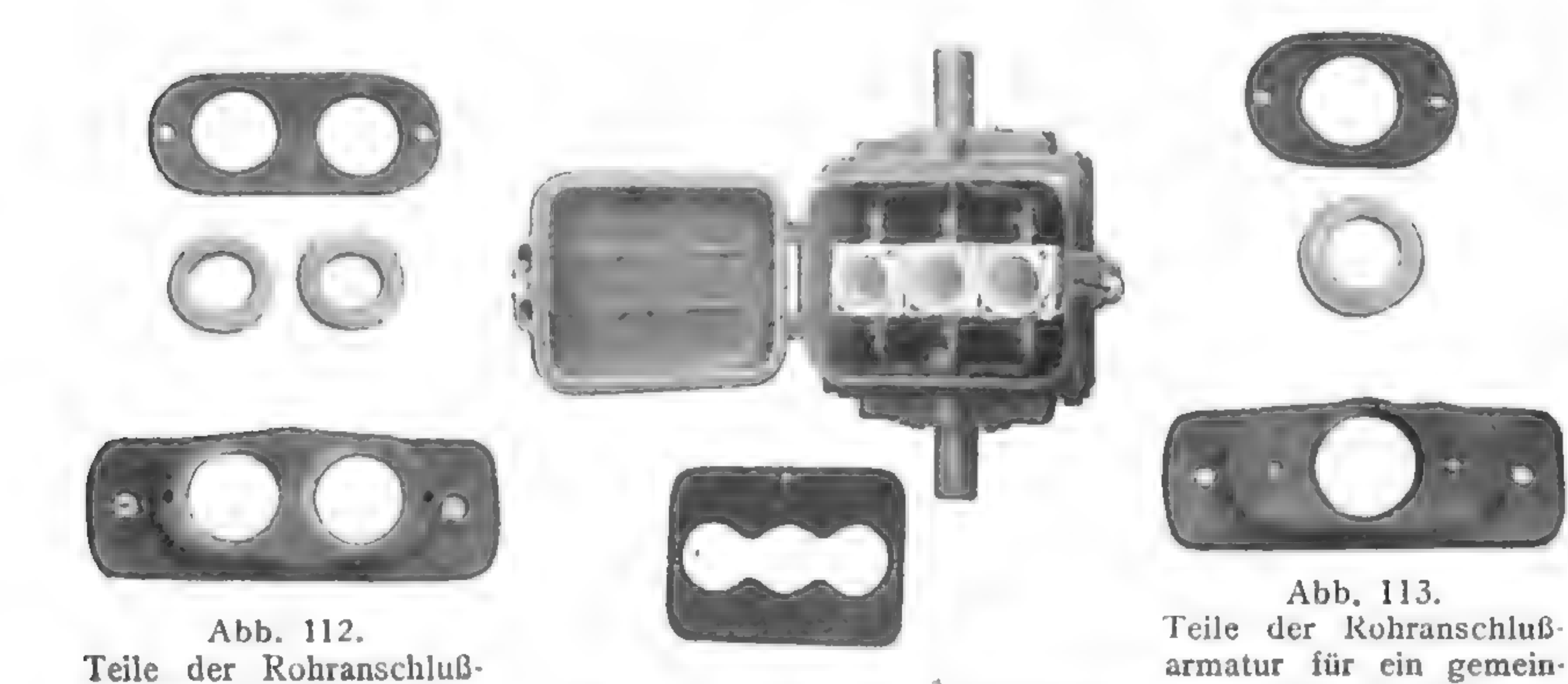


Abb. 112.
Teile der Rohranschluß-armatur für 2 einzelne Rohre (Gleichstrom).

Abb. 114. Dreipolige Sicherung mit beiderseitigem Rohranschluß

Abb. 113.
Teile der Rohranschluß-armatur für ein gemeinsames Rohr (Gleichstrom und Drehstrom).

Dieses Bild zeigt auch schon den Anschluß eines für drei Leitungen gemeinsamen Stahlpanzerrohres an der links oben sichtbaren Sicherung. Das Rohr endigt kurz hinter seinem Eintritt in den Endverschluß, so daß zu der fächerartigen Anordnung der Gummiaderdrähte genügend Platz bleibt. Die Kabelschuhe werden von außen in die Sicherungsböcke eingeführt und von innen verschraubt. Abb. 106 zeigt dann die fertig montierte Verteilung, deren übersichtliche Anordnung in Verbindung mit geeigneten Aufschriften ohne weiteres zu erkennen ist.

Bei kleineren Schaltkästen, insbesondere bei Schalthebeln ohne Sicherung, Sicherungen allein und Steckvorrichtungen ist sowohl der Kabelendverschluß als auch die Rohranschlußarmatur anders geartet. Der Kabelendverschluß ist ohne die Verschlußbuchse ausgebildet, die durch eine Schelle zum Verschrauben ersetzt ist (Abb. 107). Die Bearbeitung des Kabelendes ist auch hier zunächst die gleiche wie bei dem gewöhnlichen Kabelendverschluß.

In Abb. 107 ist ein Vierleiterkabel abgebildet, dessen geerdeter Nulleiter an die Erdungsklemme des Kastens angeschlossen ist. Nach dem fertigen Anschließen des Kabels wird der Durchgang des Kabels durch die Schelle abgedichtet, und nach dem Verschrauben des Endverschlusses erfolgt das Vergießen durch die Oeffnung im Boden des Schaltkastens.

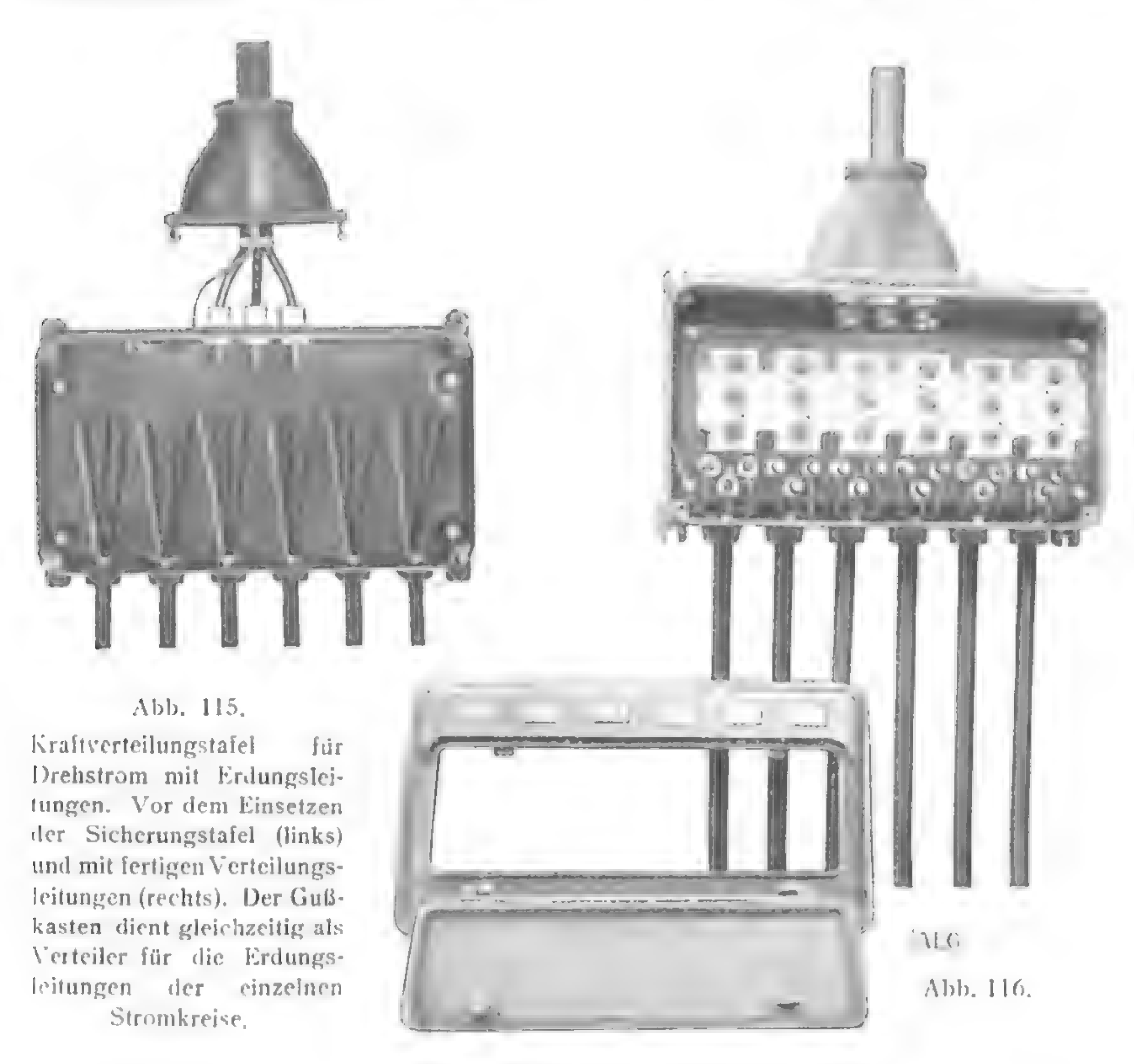


Abb. 115.
Kraftverteilungstafel für Drehstrom mit Erdungsleitungen. Vor dem Einsetzen der Sicherungstafel (links) und mit fertigen Verteilungsleitungen (rechts). Der Gußkasten dient gleichzeitig als Verteiler für die Erdungsleitungen der einzelnen Stromkreise.

Abb. 116.

Für den Anschluß von Rohren bedarf es verschiedener Ausführungen, da sowohl einzelne Rohre als auch gemeinsame Rohre für den Anschluß in Frage kommen. Bei Drehstrom kommt letzteres fast ausschließlich in Betracht. Während die Abdichtung zwischen Anschlußarmatur und Schaltapparat durch eine Hanfdichtung erfolgt, dient zum Abschluß gegen das Rohr ein Gummiring, der durch ein aufgeschraubtes Blech nach Art einer Stopfbuchsendichtung an das Rohr gepreßt wird (Abb. 112). Bei der Montage wird also zuerst das Blech, dann der Ring und zum Schluß die gußeiserne Anschlußarmatur angebracht (Abb. 113).

Handelt es sich nicht nur um eine Sicherung, sondern um eine ganze Verteilungszentrale, so erfolgt die Verbindung der abgehenden Rohre mit dem Kasten der Zentrale ohne besondere Armatur. In die angegossenen Stutzen wird das Rohr eingesteckt und von innen durch Aufschrauben einer als Mutter dienenden Reduktionsbuchse befestigt (Abb. 115). Die auf Länge geschnittenen Drähte der Verteilungsleitungen

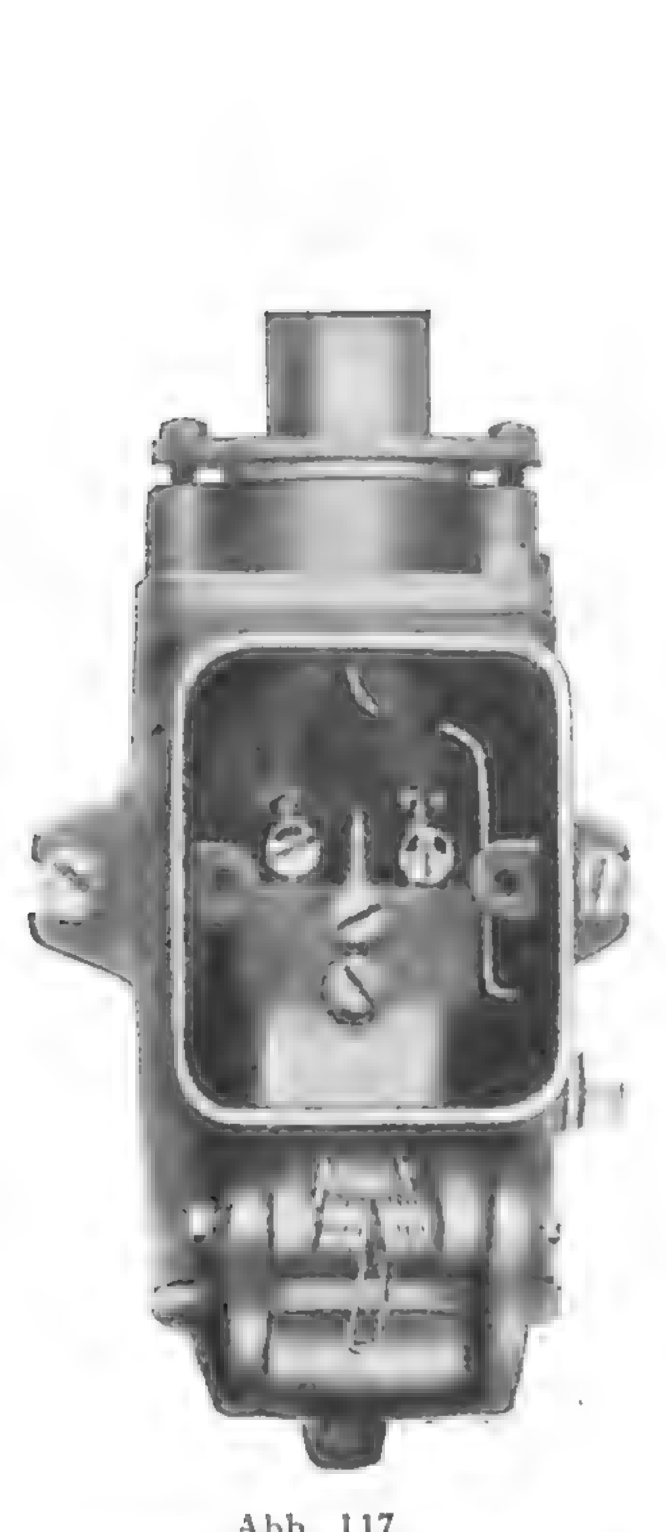


Abb. 117.
Zweipolige Kragen-Steckvorrichtung mit Erdungsleitung und Rohrarmatur fertig angeschlossen.
(Deckel abgenommen.)

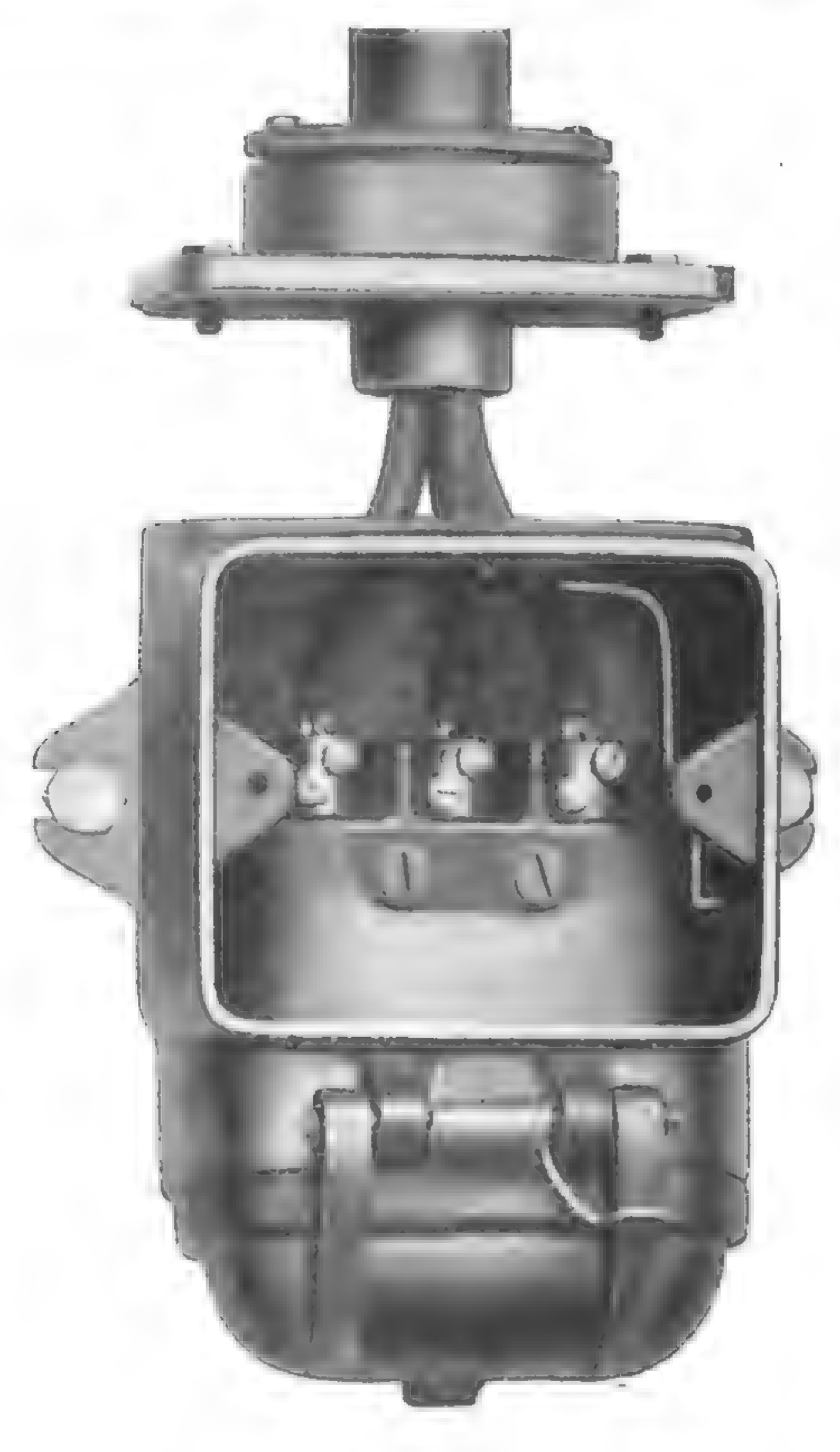


Abb. 118.
Große, dreipolige Kragen-Steckvorrichtung mit Erdungsleitung fertig angeschlossen, vor dem Anschrauben der Rohrarmatur.
(Deckel abgenommen.)



Abb. 122.
Kragenstecker mit angeschlossener Erdungsumklöppelung.



Abb. 121.
Kragenstecker während der Montage des Kordelkabels.

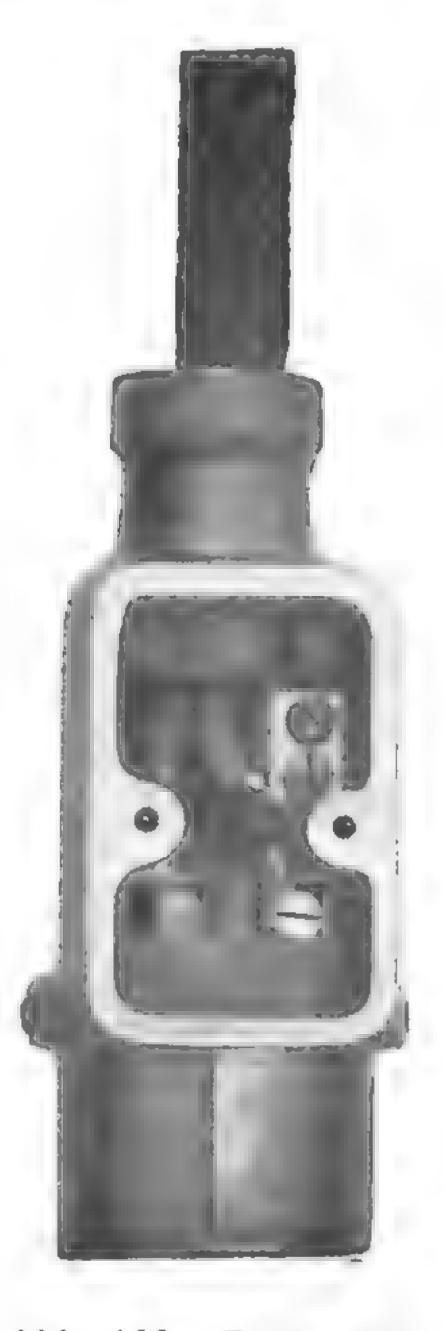


Abb. 123. Zweipoliger Kragenstecker mit dritter Kabelader als Erdungsleitung.

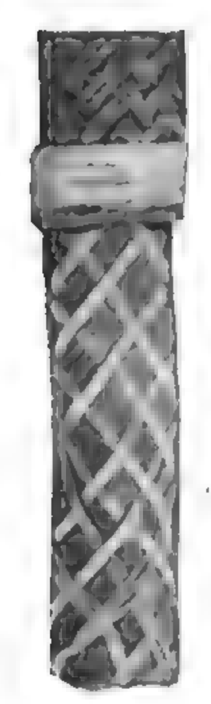


Abb. 119.
Kordelkabel mit freigelegter Erdungsumklöppelung.



Abb. 120.
Kordelkabel, fertig zum Anschluß des Steckers.

werden nach vorne umgebogen und dann die Blechtafel mit den Schaltapparaten eingesetzt. Während die Erdungsleiter oder geerdeten Nulleiter an die innen angebrachten Schrauben im Gehäuse gelegt werden, müssen die stromführenden Drähte in Oesen gebogen und unter die Schalttafelklemmen geführt werden. Nach Anschrauben der Isolierkappen wird der große Deckel der Verteilungstafel angebracht, der in sich den kleineren mit Vorreiber verschlossenen Deckel zur Bedienung der Sicherungen trägt (Abb. 116).

Gekapselte Kragensteckvorrichtungen verlangen immerhin noch eine besondere Beachtung. Während ihr ortsfester Teil meist an Rohr, seltener an Kabel in ähnlicher Weise angeschlossen wird wie bei anderen Apparaten, ist die Montage der Stecker schon durch die Art der anzuschließenden Leitung unterschieden. In der Regel dient hierzu Kordelkabel, das nur bei Handlampen zweiadrig und ohne Erdungsleiter, bei Anschluß von Motoren zwei- oder dreiadrig und außerdem meist mit Erdungsumklöppelung aus verzinnten Kupferdrähten ausgestattet ist (Abb. 119). In dem Hohlraum des Steckers sieht man zunächst die Schelle, welche das Kabel festklemmt und zur Entlastung der Kupferleiter gegen Zug dient. Neben den stromleitenden Buchsenkontakten sitzt die Klemme zum Anschluß des Erdungsdrahtes. Die Erdungsumklöppelung wird bis hart an die Hanfkordelumklöppelung aufgemacht und dann nach einer Seite zu einem Zopf zusammengewunden und verlötet (Abb. 120). Der gußeiserne Steckerkörper wird über das Kabel zurückgeschoben, so daß man die Leitungen an den Isolierkörper bequem anschließen kann (Abb. 121). Dann wird der Gußkörper übergeschoben und die Erdungsleitung und Entlastungsschelle angeklemmt (Abb. 122 und 123).

Offene Verlegung von Leitungen.

Die Verlegung von isolierten Drähten auf Porzellanrollen, Porzellanklemmen und Porzellanglocken (Isolatoren) im Innern von Gebäuden findet heute nur noch in untergeordneten Räumen, Kellern, Lagerräumen u. dgl. Anwendung, oder dort, wo Feuchtigkeit und ätzende Dünste die Anwendung anderer Verlegungsarten ausschließt. Da diese Art der Leitungsverlegung die älteste und einfachste ist, ergeben sich fast alle Handhabungen bereits aus den vorhergehenden Kapiteln.

Die Verlegung dünner Drähte (bis etwa 6 qmm) auf Klemmen, gewöhnlichen Porzellanrollen für trockene Räume, Mantelrollen und solchen mit großer Oberfläche (Hochspannungsrollen) für feuchte Räume, ist in der Ausführung gleich. In allen diesen Fällen beginnt man mit dem Vorzeichnen für die Befestigungsstellen. Dieses erfolgt sonst durch Schnurschlag; der Abstand der Befestigungsstellen darf höchstens 80 cm, bei Decken zweckmäßig nicht über 2 m betragen. Dann folgt das Eingipsen der Dübel: bei Klemmen sind dies meist Spiraldübel. Die Rollen sitzen zu zwei und drei auf fertigen Eisen-

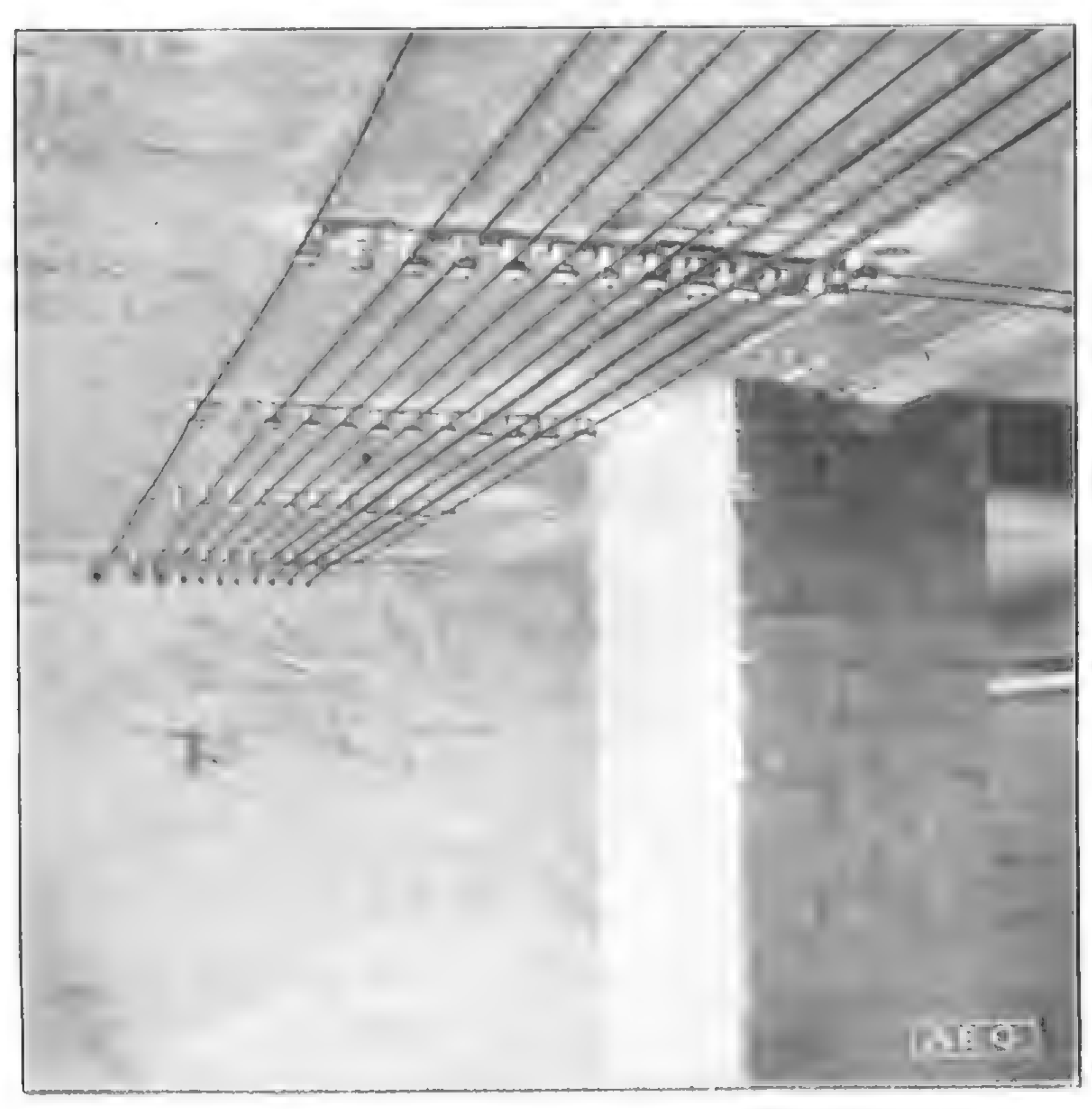


Abb. 124. Offene Verlegung dünner Drähte auf Porzellanrollen

dübeln, können aber auch in größerer Zahl auf Flacheisenleisten und Registern Verwendung finden, so daß auf etwa 4—6 Rollen nur zwei Mauerbefestigungen kommen.

Die Drähte werden sodann in möglichst großen Längen aufgebracht, an einem Ende durch Abbinden ordnungsgemäß befestigt und lose über alle folgenden Befestigungspunkte hinweggeführt. Damit der Draht nach der Verlegung überall straff gespannt ist, muß er nun am anderen Ende gezogen werden. Auch bei dünnen Drähten geschieht das meist in derselben Weise, wie es für stärkere weiter unten beschrieben wird. Man braucht jedoch dem Spannen hier nicht die gleiche Bedeutung beizumessen, weil bei dem Abbinden der dünnen Drähte an jeder einzelnen Rolle durch das Einziehen des Drahtes um die Wölbung der Rolle ein weiteres Straffziehen bewirkt wird. Auch bei den Klemmen empfiehlt sich die Verwendung der selbstspannenden Form, die im gleichen Sinne wirkt. Das Abbinden an Rollen erfolgt am besten nur mit isoliertem Bindedraht; dabei spart man die sonst notwendige Umwickelung mit Isolierband und hat die Gewähr, daß die Gummiisolation nicht beschädigt („durchgebunden“) wird.



Abb. 125. Rollenregister für starke Drähte, welche unter Vermeidung aller Stemmarbeiten an die Betonbalken angeklemmt sind. Leitungsverlauf in Richtung der Balken

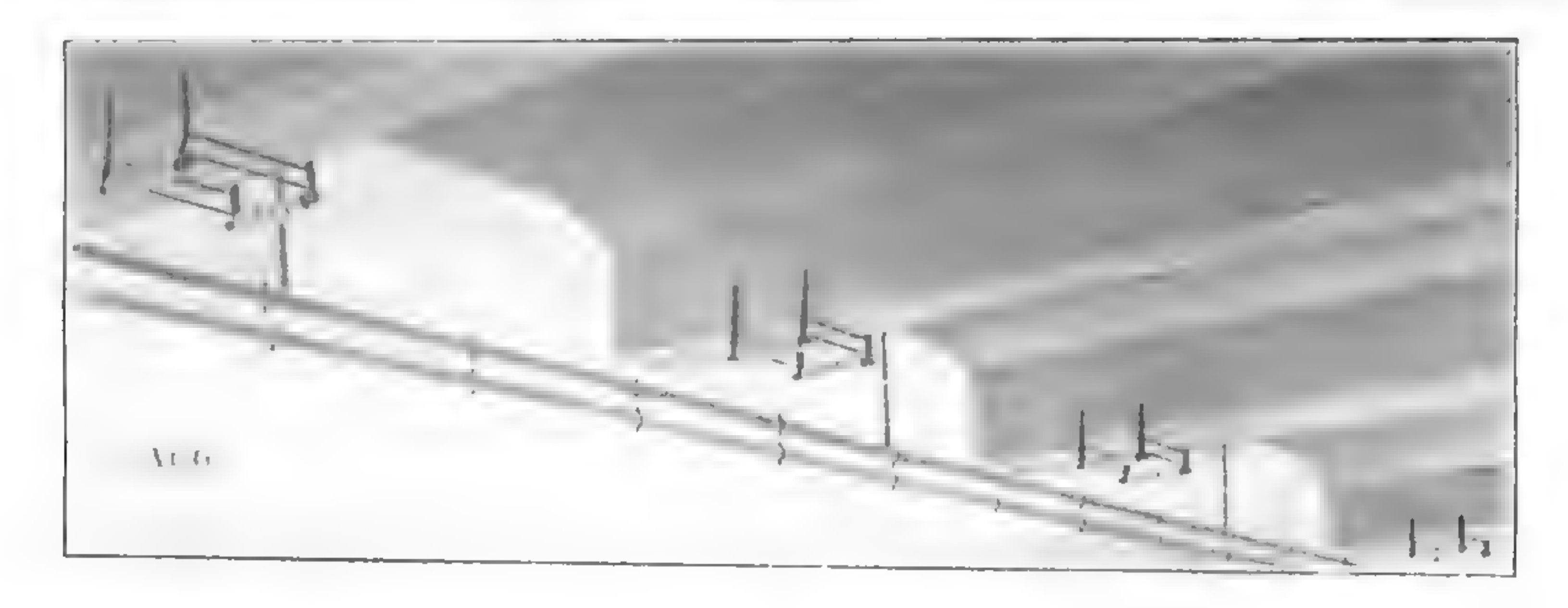


Abb. 126.
Rollenregister wie Abb. 125, jedoch für Leitungsverlauf quer zu den Betonbalken.

Die Rollenverlegung stärkerer Drähte hat vor allem dort Bedeutung, wo in trockenen Lager- oder Fabrikräumen die Leitungsführung durch die Unebenheit der Deckenkonstruktion schwierig wird. Handelt es sich nur um eine Hauptleitung, bestehend aus 2—3 Drähten, so nimmt man Eisendübel wie bei schwächeren Leitungen. Kommen aber mehr Drähte in Frage, so ordnet man besser auf Rundeisen aufgereihte Rollen an, die je nach der Baukonstruktion sehr verschieden gestaltet werden müssen. Als Beispiel sei die Befestigung an Betonbalken dargestellt, wie sie sich in modernen Bauten öfter findet. Die Register (Abb. 125) sind so konstruiert, daß sie die Betonbalken umfassen, lediglich die Enden der



Abb. 127. Die lose über die Rollen gelegten Drähte werden durch Flaschenzüge gespannt, welche an einem provisorischen Stützpunkt befestigt sind



Abb. 128. Die fertig gespannten und gebundenen Leitungen. Abzweig in Rohrverlegung und Verteilung mit Streifensicherungen für zwei Kraftstromkreise.

Flacheisen sind umgebogen und etwa 2 cm tief in den Beton eingestemmt. Das ist aber auch die einzige Stemmarbeit. Im übrigen ist das Register durch Zugstangen angeklemmt. Auch die entsprechenden Register an den Unterzügen sind ebenso geklemmt. Die Konstruktion ist verschieden, je nachdem die Leitung längs (Abb. 125) oder quer zum Balken (Abb. 126) verläuft.

Nachdem die Drähte an einem Ende befestigt und lose aufgebracht sind, müssen sie gespannt werden. Zu diesem Zwecke muß man sich einen provisorischen Befestigungspunkt für die Flaschenzüge machen, etwa durch loses Gegenlehnen eines Rüstholzes gegen den Deckenbalken. Die Drähte werden mit Froschklemmen gefaßt und durch den Flaschenzug so gespannt, daß ihre dauernd straffe Lage gesichert ist. Durch Verknoten des Zugseiles mit den Seilbahnen des gespannten Flaschenzuges wird die Spannung aufrecht erhalten (Abb. 127). So können erst alle Drähte gespannt werden, und dann geht man an das Abbinden aller Drähte an allen Befestigungspunkten. Erst nachdem also alle Bindestellen fertig sind (Abb. 128), lockert man den Flaschenzug, damit sich der Zug auf alle Rollen verteilt.

Verlegung von Freileitungen für Niederspannung.

Die Verlegung von Leitungen im Freien erfolgt ausschließlich auf Porzellanglocken (Isolatoren), die an Masten oder Gestängen befestigt werden. Mit Rücksicht auf die Lebensdauer der Masten sind imprägnierte Holzmaste zu verwenden, da die Imprägnierung ein vorzeitiges Zerstören des Holzes durch Fäulnis verhindert.

Für die Isolierung der Leitungen kommen Isolatoren aus Porzellan (Abb. 129) mit gerader oder gebogener Stütze zur Verwendung. Die geraden Stützen (Abb. 130) sind mit kurzem oder langem Eisengewinde, Unterlegescheibe und Mutter versehen. Auf der geraden Strecke sind normale Stützen zu verwenden, an Eck- oder Winkelpunkten dagegen verstärkte Stützen nach Abb. 130a. Die Isolatoren mit gebogenen Stützen erhalten Holzschraubengewinde (Abb. 131). Diese Stützen können auch in Mauerwerk einzementiert oder eingegipst werden. Die Isolatoren sind mit den Stützen fertig verbunden zu beziehen. Werden Isolatoren und Stützen getrennt angeliefert und ist daher die Verbindung auf der Montagestelle erforderlich, so sind die Isolatoren auf die Stützen aufzuhanfen oder aufzukitten. Zum Aufhanfen werden die Stützen mit leinölfirnisgetränktem Hanf umwickelt und dann der Isolator auf die Stützen fest aufgedreht. Zum Aufkitten der Isolatoren auf die Stützen darf nur erprobter Kitt, der nicht treibt, Verwendung finden.

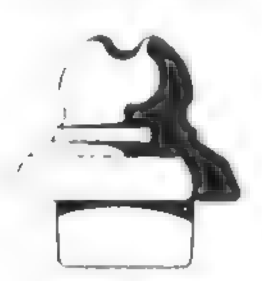


Abb. 129. Porzellanisolator für Niederspannung

Abb. 130. Abb. 130a
Gerade Isolatorenstütze
normal. verstärkt.

Vor Inangriffnahme des Baues einer Leitungsstrecke muß der Weg festgelegt sein, den die Leitung nehmen soll. Auf diesem Wege werden die Maststandorte durch Markierpfählchen festgelegt. An den so bezeichneten Stellen werden die Mastlöcher entweder gegraben, gebohrt oder gesprengt.

Die Tiefe der Löcher richtet sich nach der Beschaffenheit des Bodens und der Länge der zur Verwendung gelangenden Maste und soll bei ebenem trockenen und gewachsenen Boden ca. $1/6$ der Mastlänge betragen. Die durch Ausheben des Bodens mittels Spaten, Schaufel, Spitzhacke und Brecheisen herzustellenden Löcher werden zweckmäßig in den Abmessungen der Abbild. 132 treppenartig so hergestellt, daß sie an der tiefsten Stelle nicht viel größer als der Umfang des Mastendes sind.

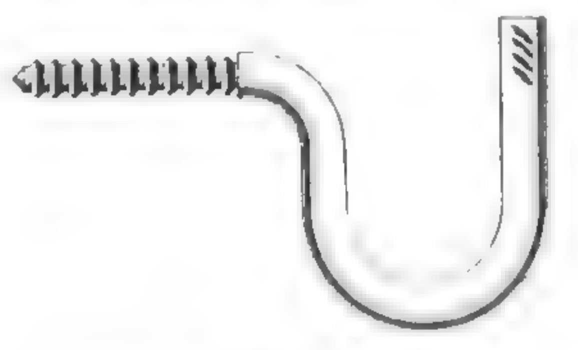


Abb. 131. Gebogene Isolatorenstütze.

Die Herstellung eines Mastloches mittels Erdbohrer nach Abb. 133 in steinfreiem und nicht zu trockenem gewachsenen Boden ist gegrabenen Löchern vorzuziehen, da die Masten in gebohrten Löchern dadurch einen festeren Stand erhalten, daß sie allseitig von gewachsenem Boden umgeben bleiben.

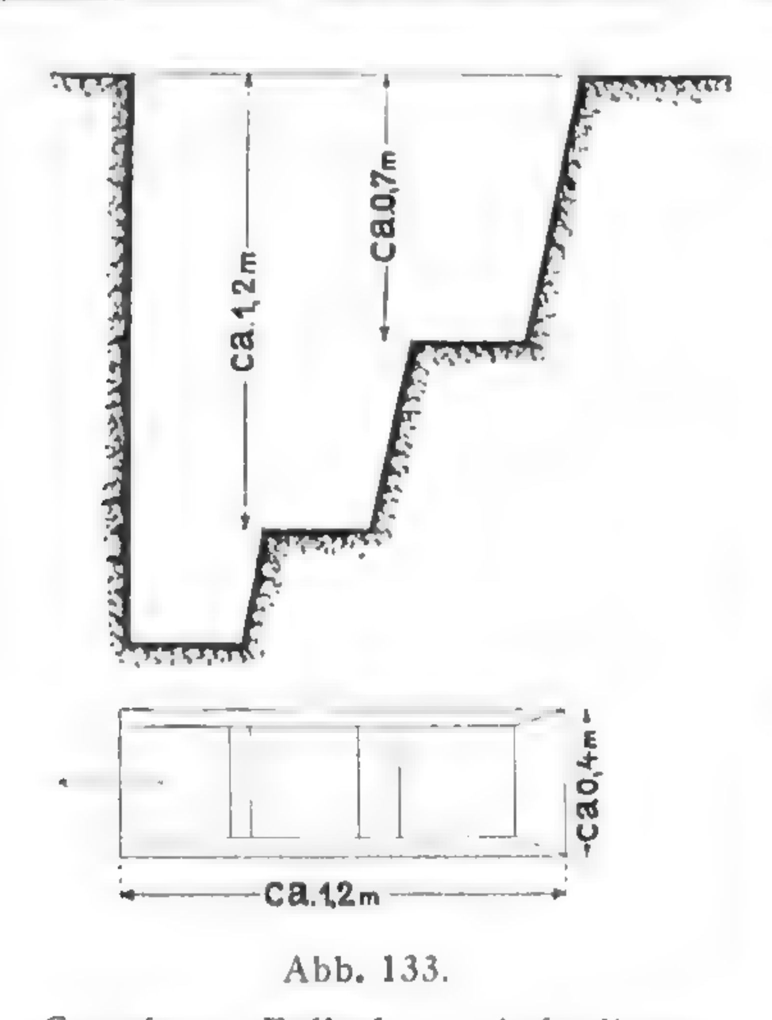


Abb. 133.
Gegrabenes Erdloch zur Aufstellung eines Holzmastes.
(Die senkrechte Fläche soll den Zug des Mastes aufnehmen.)



Abb. 133.
Bohrung eines Mastloches mit Erdbohrer.

Zum Sprengen von Mastlöchern bedient man sich eigens zu diesem Zweck hergerichteter Sprengpatronen (Sprengkapseln). Die Sprengarbeiten sind jedoch nur von genauestens instruiertem Personal vorzunehmen, unter Beachtung der für Sprengarbeiten gegebenen Vorschriften.

Es empfiehlt sich, täglich nur so viel Mastlöcher herzustellen, als an einem Tage mit Masten besetzt werden können; anderenfalls sind die freigebliebenen Löcher den polizeilichen Vorschriften entsprechend über Nacht mit Brettern abzudecken.

Nach Festlegung der Mastaufstellungspunkte kann mit der Anfuhr der Masten, Streben, Anker und Isolatoren und mit der Verteilung an den Verwendungsstellen begonnen werden. Die an Ort und Stelle gebrachten Maste werden noch vor dem Aufstellen mit der erforderlichen Anzahl von Isolatoren versehen. Der Mast wird hierzu mit dem Zopfende auf einen kleinen Gabelbock (siehe Abb. 134) gelegt, um das Bohren der Löcher und das spätere Einschrauben der Isolatoren zu erleichtern. Die Isolatorenlöcher werden mittels Holzbohrer auf etwa $^3/_4$ der Länge der Holzschraube vorgebohrt. Die Stärke des Bohrers ist etwas schwächer als die Stärke der Holzschraube zu wählen. Bei dem Bohren der Löcher ist darauf zu achten, daß sie genau senkrecht zur Mastachse gebohrt werden, damit der eingeschraubte Isolator genau parallel zur Mastachse



Abb. 134.
Einschrauben der Isolatoren in den liegenden Mast

Abb. 135 Aufrichten des Mastes.



Abb. 136. Ausrichten des Mastes nach dem Senklot.

zu sitzen kommt. In die vorgebohrten Löcher sind die Stützen so tief einzuschrauben, daß der mit Holzgewinde versehene Teil der Stützen vollkommen im Holz sitzt. Der oberste Isolator wird ca. 100—150 mm vom Zopfende eingeschraubt. Der senkrechte Abstand der Isolatorenstützen unter sich soll nicht unter 250 mm, gewöhnlich 300—400 mm betragen.

Bei gegrabenen Löchern wird vor dem Aufrichten des Mastes gegen die senkrecht abgegrabene Seite des Loches ein Brett gestellt. Alsdann wird der Mast so mit seinem unteren Stammende gegen das Brett über das Loch gelegt, daß er beim Anheben des Zopfendes an dem Brett entlang in das Loch hinabgleitet. Das Hinabgleiten des Mastes in das Loch wird wesentlich erleichtert, wenn ein Arbeiter mit einem Riegel von der Schmalseite aus, an der das Brett eingesetzt ist, auf das untere Stammende drückt. Zum weiteren Aufrichten des Mastes bedient man sich zweier scheerenartig mit einem Strick verbundener Stangen durch Nachschieben des Mastes am Zopfende, wie Abb. 135 zeigt. Ist der Mast aufgerichtet, so wird das Brett aus dem Loch entfernt, und der Mast durch Drehen um seine Achse in die richtige Isolatorenstellung gebracht. Die lotrechte Stellung wird sowohl in der Richtung des Leitungszuges als auch in der dazu senkrechten Richtung mit einem Senklot kontrolliert (siehe Abbild. 136), wobei der Mast durch mit eisernen Spitzen versehene Stangen gehalten wird.

Das Wiederanfüllen des ausgehobenen Erdreiches erfolgt dann schichtweise unter Feststampfen der Erde mit in Abb. 138 dargestellten Stampfern. Hierbei sind beim Ausheben des Mastloches etwa gewonnene Steine zum Anfüllen des Loches zu verwenden. Das übrig bleibende Erdreich wird um den Mast angehäuft.

Soll ein Mast in ein mit



Abb. 137. Eindrehen eines Mastes in ein gebohrtes Loch.

dem Erdbohrer hergestelltes Loch gestellt werden, so muß er unmittelbar neben dem Loch, wie vorher angegeben, lotrecht aufgerichtet, dann angehoben und vorsichtig in das Loch hinabgelassen werden. Rutscht hierbei der Mast nicht bis auf den Boden des gebohrten Loches, so schlingt man ein Tauende um den Mast (Abb. 137), steckt einen Riegel durch die Schlinge, würgt diese mit dem Riegel zusammen und dreht dann den Mast mehrere Male um seine Achse, bis er auf dem Boden des Loches aufsteht. Das Lotrechtstellen des Mastes und Anfüllen des Loches erfolgt dann in gleicher Weise wie vorher angegeben.



Abb. 138.
Feststampfen des Mastes

Auf gerader Leitungsstrecke haben die Masten die Drähte nur zu tragen; ihre Beanspruchung ist daher gering. An Winkelpunkten und an den Enden der Leitungsstrecke treten aber erhebliche Zugbeanspruchungen auf, denen der Mast allein nicht genügend Widerstand leisten kann. Man stützt ihn daher durch Streben (Abb. 139 u. 140) oder man fängt die Zugkraft durch Anker ab (Abb. 141) oder man verstärkt den Mast durch Verbinden mit einem zweiten zum „A"-Mast (Abb. 142) oder Doppelmast. (Abb. 143).

Alle diese Verstärkungseinrichtungen müssen aber so angebracht werden, daß sie die wirkenden Kräfte voll aufnehmen; man sagt, sie müssen in der Richtung der resultierenden Zugkraft angebracht sein.

Zu Streben (Abb. 139) sind möglichst Stangen von gleichem Durchmesser wie der zu sichernde Mast zu verwenden. Die Länge der Streben richtet sich nach der Befestigungsmöglichkeit im Erdboden. Die Strebe ist mit dem Mast durch Schraubenbolzen zu verbinden.

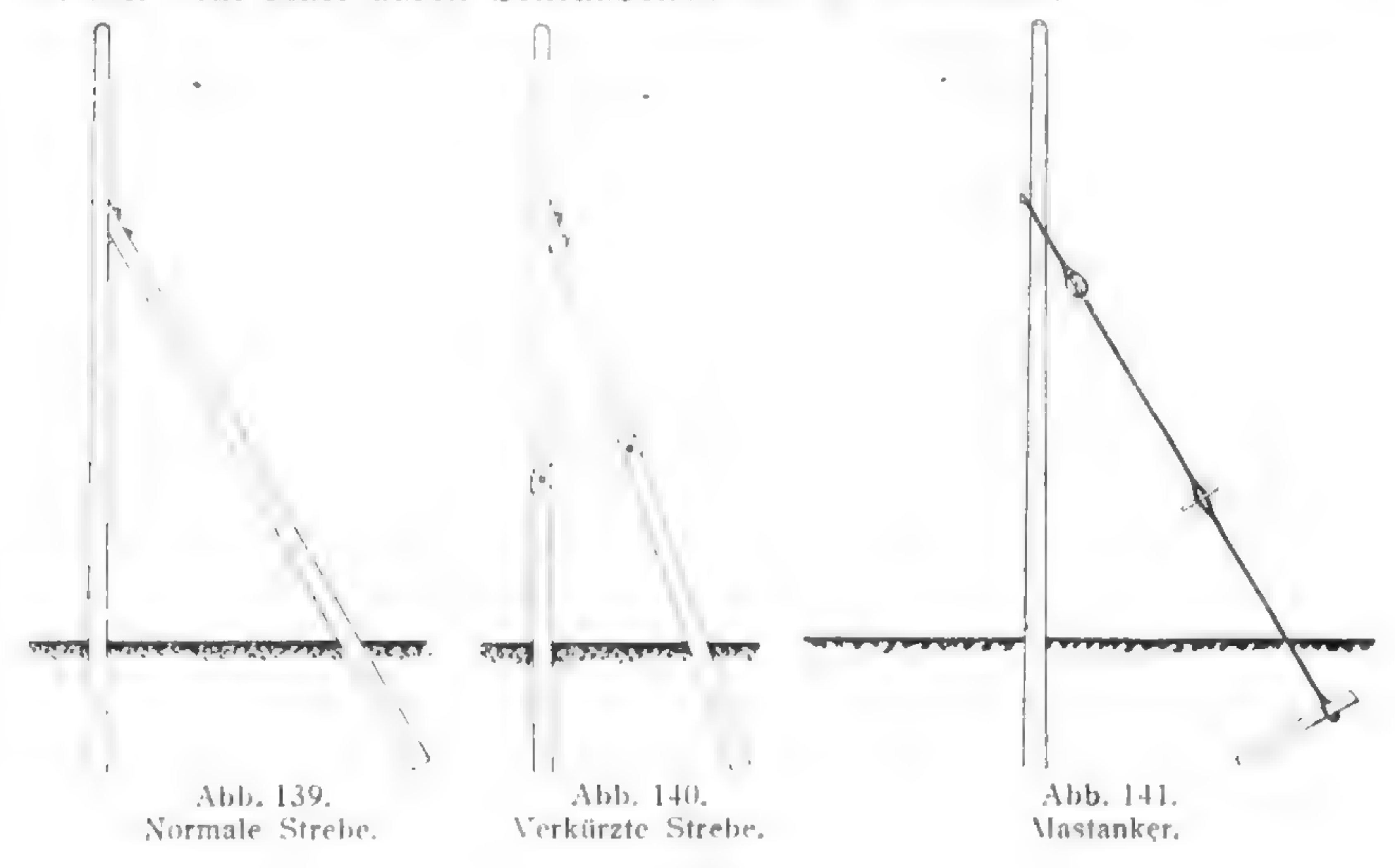


Abb. 139. Normale Strebe. Abb. 140. Verkürzte Strebe. Abb. 141. Mastanker.

Abb. 142.
A - Mast für
starke Züge.

Abb. 144.
U-Eisen-Querträger am Mast.

Abb. 143.
Doppel-
mast.



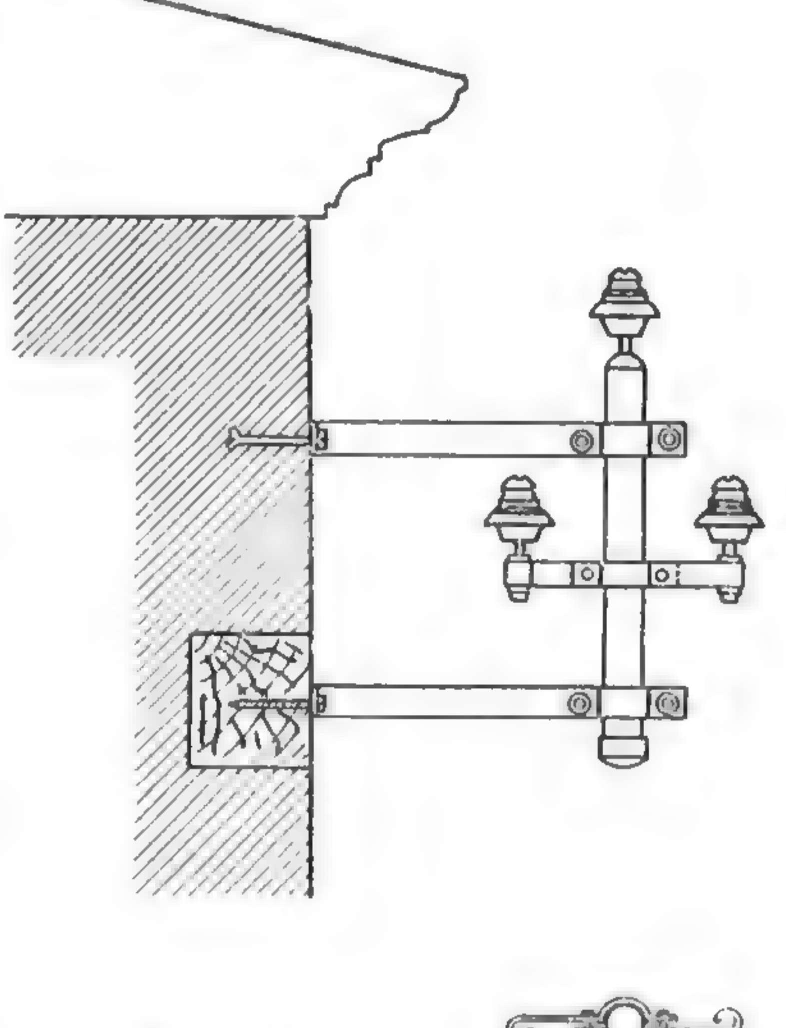
Abb. 145. Dachständer für zahlreiche Leitungen
(keine blanken Leitungen in vom Dache aus erreichbarer Höhe)

Damit in weichem Boden bei A-Masten der in der Richtung des Drahtzuges stehende Mast und bei Streben diese nicht in den Boden eingedrückt werden, legt man zweckmäßig einen flachen Stein unter das Fußende des Mastes oder den Fuß der Strebe.

Kann einer Strebe, örtlicher Verhältnisse wegen, nur eine geringe Ausladung gegeben werden, so ist der Mast mit der Strebe durch eine Querverbindung zu versehen (siehe Abb. 140).

Die Herstellung von Ankern (Abbild. 141) erfolgt je nach der erforderlichen Stärke durch 2—4 fach zusammengelegte verzinkte Eisendrähte von ca. 4 mm Durchmesser.

Die Ankerdrähte werden am Mast durch einen Ankerhaken gehalten. Die Befestigung des Ankers im Erdboden wird durch einen Ankerpfahl von etwa 1,5 m Länge, von ca. 15 cm Stärke, der in den Erdboden eingetrieben wird, hergestellt. Durch seilartiges Zusammenwinden mittels eines Knebels in der Mitte des Ankers wird der Anker straff gespannt. Schlaffe Anker sind wirkungslos. Die Ankerdrähte an Holzmasten sind bei Spannungen über 250 Volt gegen Erde mit zuverlässigen Abspannisolatoren über Reichhöhe zu versehen oder zu erden.



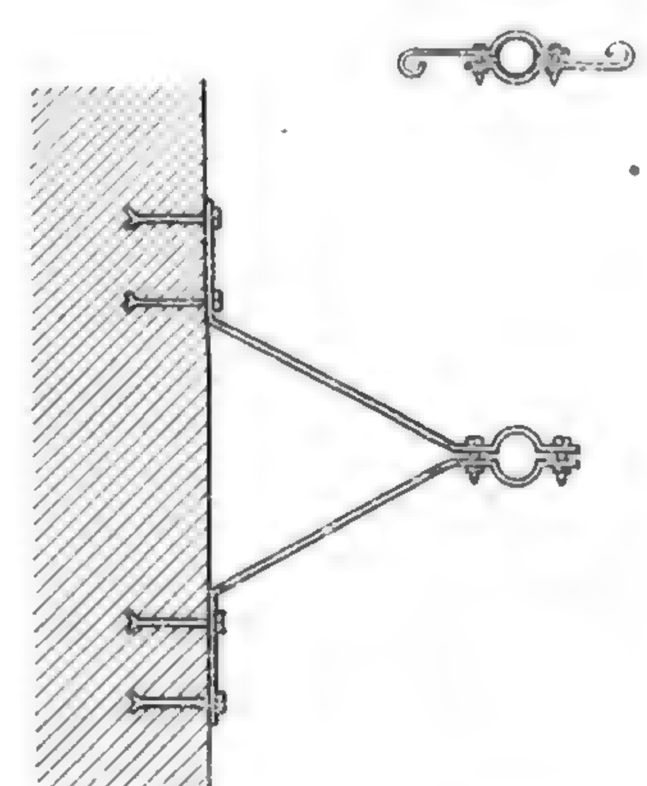


Abb. 146. Konsolgestänge für 3 Isolatoren.

Zur Herstellung von A-Masten (Abb. 142) verwendet man 2 Stangen, die durch $^3/_4$-zöllige Schraubenbolzen zusammen zu bolzen sind.

Ist der Raum zur Aufstellung eines A-Mastes nicht vorhanden und ein Drahtzug vom Stützpunkte aufzunehmen, so kann ein Doppelmast (gekuppelte Stangen) Verwendung finden. Hierzu werden 2 Maste dicht aneinander gestellt und durch $^3/_4$-zöllige Bolzen, wie in Abb. 143 angegeben, zusammen verbunden.

Ist eine größere Anzahl von Leitungen an Masten oder Gestängen unterzubringen, so werden Isolatoren mit geraden Stützen auf Querträgern aus U-Eisen (Traversen) (Abb. 144) angeordnet, die mit Ziehbändern an den Masten oder Gestängen befestigt werden.

Zur Führung von Leitungen an Gebäuden entlang oder über Dächer bedient man sich meist Rohrgestängen mit Konsolen, die

mittels Stein- oder Holzschrauben mit den Gebäuden verbunden werden. Entsprechende Ausführungen zeigen Abb. 146 und 147.

Bei der Anordnung von Konsolen oder Rohrständern ist darauf zu achten, daß die Leitungen von Dächern, Ausbauten, Fenstern und anderen von Menschen betretenen Stätten aus ohne besondere Hilfsmittel nicht zugänglich sind.

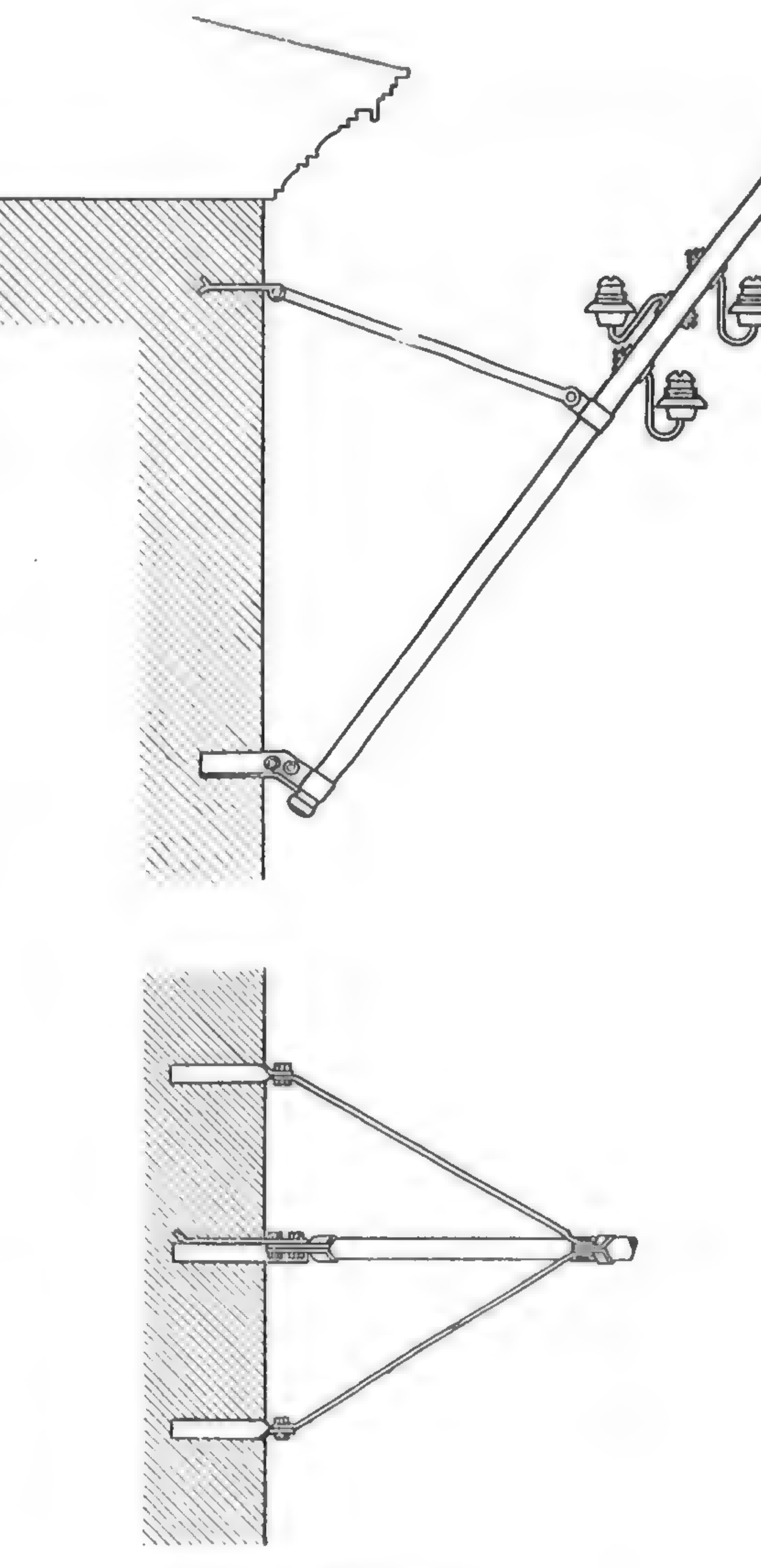


Abb. 147.
Fahnenstangen-Ausleger für 3 Isolatoren.

Mit der Verteilung des Leitungsmaterials und der Auslegung desselben soll erst begonnen werden, nachdem die Maste aufgestellt, die Konsolen oder Rohrständer angebracht und alle Verstrebungen und Verankerungen fertig sind. Es ist jedoch täglich nur soviel Leitungsmaterial auszurollen, als für die jedesmalige Tagesarbeit gebraucht wird, um nicht Veranlassung zu Drahtdiebstählen zu geben.

Das Leitungsmaterial wird meist auf Trommeln gewickelt, oder bei kleineren Querschnitten in Ringen angeliefert. Beim Transport von Trommeln über unebenen Boden ist darauf zu achten, daß das Leitungsmaterial nicht beschädigt wird. Zum Ausrollen der Leitungen wird die Trommel auf eine Achse gesteckt und diese auf zwei Böcke so gelagert, daß sie sich drehen läßt. (Abb. 149).

Um eine zu schnelle Drehung der Trommel zu verhindern, ist eine sicher wirkende Bremsvorrichtung vorzusehen. Zum Ausrollen des Drahtmaterials von Ringen verwendet man zweckmäßig Drahthaspeln nach Abb. 148.

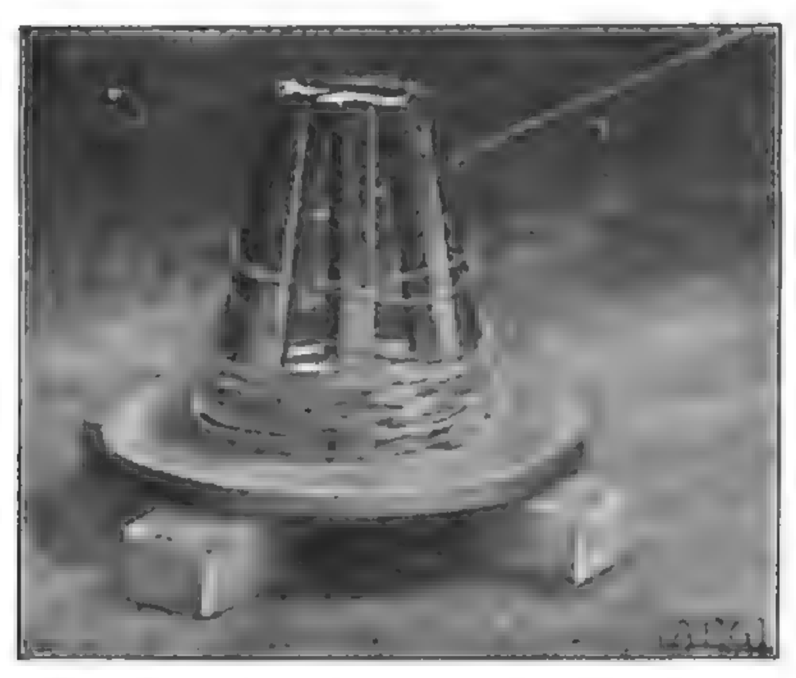


Abb. 148.
Drahtring auf einer Haspel.



Abb. 149.
Drahttrommel auf Windeböcken; Bremsholz unter der linken Wange.

Beim Abrollen ist streng darauf zu achten, daß keine Schlingen, Knoten, Schlaufen oder dergl. im Draht entstehen, da hierdurch die Widerstandsfähigkeit des Drahtes leidet und zu späteren Drahtbrüchen Veranlassung geben wird.

Um das Schleifen des Leitungsmaterials über steinigen Boden zu vermeiden, verwendet man, namentlich bei Aluminiumleitungen, zum Auslegen kleine, auf Kugellagern laufende Leitrollen (Abb. 150), die an die Querträger oder Stützen in geeigneter Weise aufgehängt werden, über die der Draht oder das Seil gelegt und ausgezogen wird.

Beim Ausrollen von kleinen Drahtstrecken kann von der Verwendung von Lauf- oder Leitrollen abgesehen und der Draht auf der Erde ausgezogen werden; es ist jedoch dann darauf zu achten, daß das Leitungsmaterial nicht auf dem Boden geschleift und besonders bei Wegübergängen von Fuhrwerken nicht überfahren wird. Es empfiehlt sich überhaupt, den Draht nach dem Ausrollen sogleich auf die Isolatoren aufzubringen.

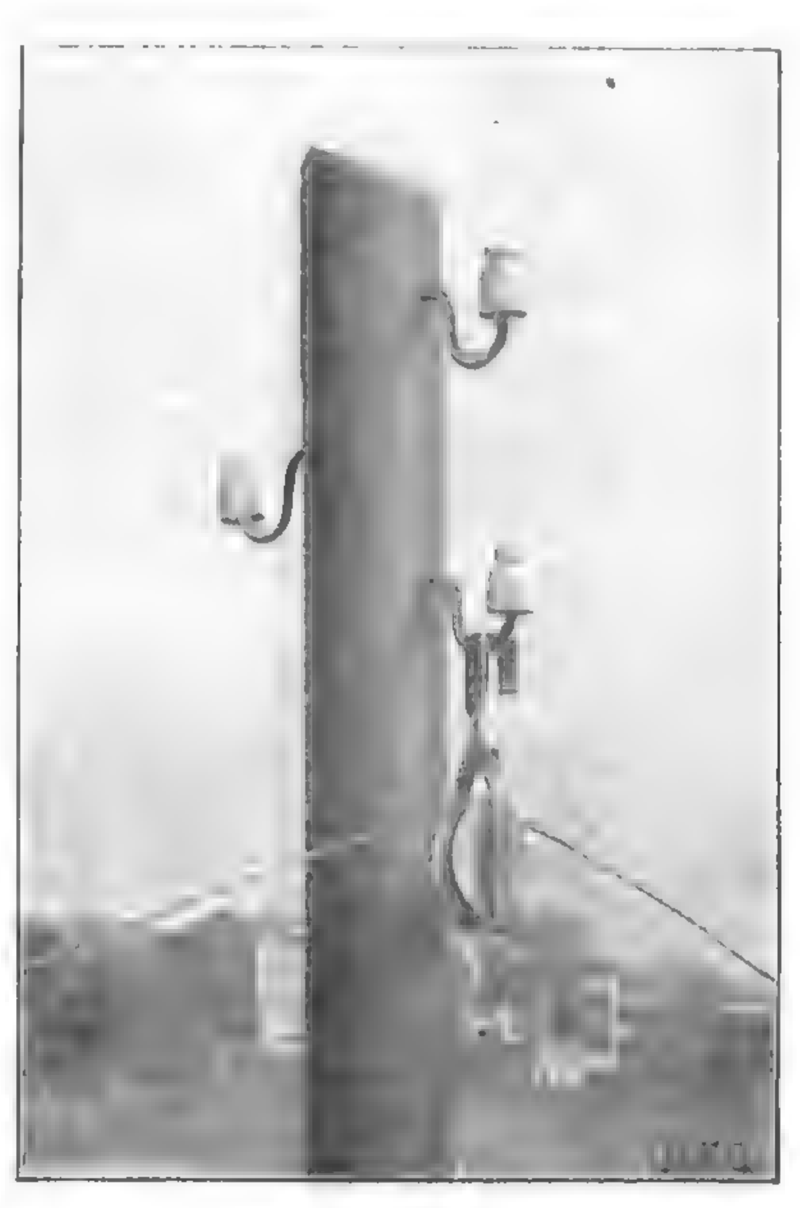


Abb. 150.
Führungsrolle für Aluminiumleitungen.

Nach Beendigung des Ausrollens und Auflegens der Leitungen auf die Isolatorenstützen ist mit dem Abbinden der Leitungen zu

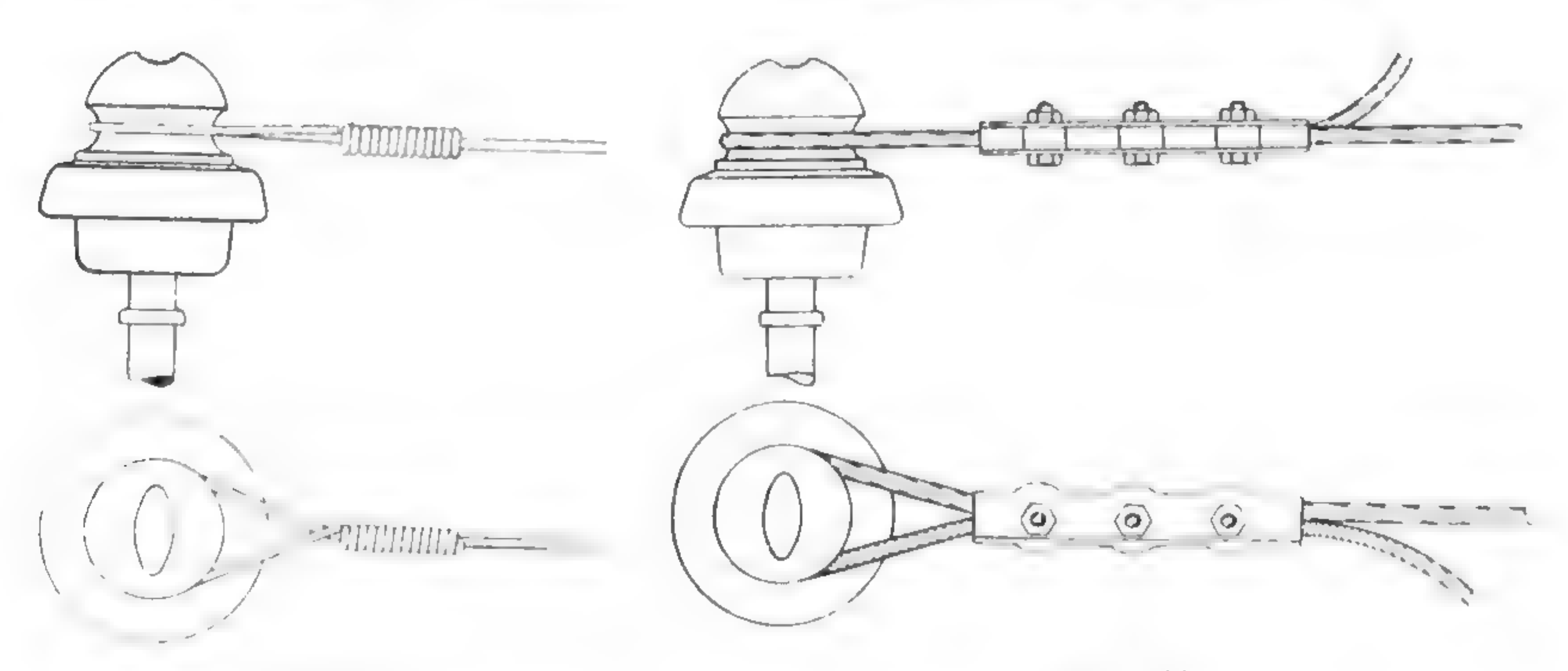


Abb. 151.
Endbund massiver Drähte.

Abb. 152.
Endbund von Seilen mittels Niet- oder Schraubenverbinder.

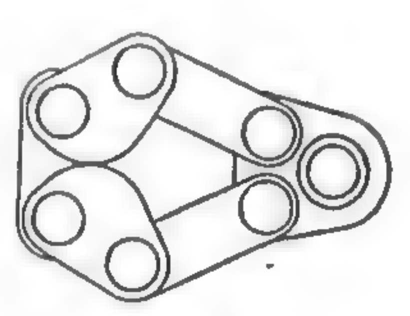
beginnen. Die Leitungen werden zunächst an einem Ende durch sogenannte Endbunde an den Isolatoren befestigt. Bei massiven Kupferleitungen wird der Draht nach Abb. 151 um den Hals des Por-

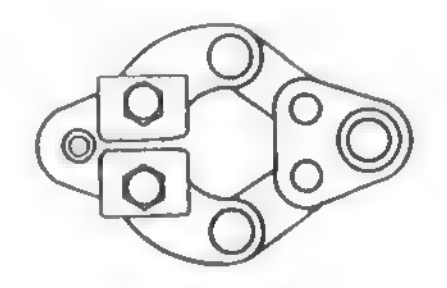


Abb 153. Spannen der Leitungen mit dem Flaschenzug.

zellanisolators gelegt und in mehreren Windungen um den weitergehenden Draht gewickelt. Bei verseilten Leitern besonders bei Aluminiumseilen wird der Endbund unter Verwendung von Verbindern, wie in Abb. 152, mit drei Nieten oder Schrauben hergestellt.

Nach der Herstellung der Endbunde erfolgt das Anspannen der Leitungen mittels Flaschenzug und Klemmen (Abbildung 153). Bei weichen Kupferleitungen kann die sogenannte Froschklemme (Abb. 154) Verwendung finden. Zum Abspannen von Hartkupfer- und Aluminiumseilen sind dagegen Froschklemmen mit Parallelbacken (Abb. 155), Holzklemmen oder Klemmen mit einem Belag aus Aluminium oder Blei zu verwenden, die eine Beschädigung der Leitung ausschließen.


Abb. 154.
Froschklemme.


Abb. 155.
Froschklemme mit Parallelbacken.

Beim Spannen der Leitungen ist die Herstellung des richtigen Durchhanges sehr wichtig. Der Leitungsdurchhang richtet sich nach dem Abstand der Stützpunkte voneinander, nach der Festigkeit des zu verwendenden Leitungsmaterials und nach der Temperatur, bei welcher die Leitungen gespannt werden, und kann aus der auf Seite 58 wiedergegebenen Tabelle entnommen werden. Zur Kontrolle des Durchhanges wird der in der Tabelle angegebene Wert an den Masten markiert; dann wird die Leitung so weit angespannt, bis der tiefste Punkt des Drahtbogens in die Visierlinie über die beiden an den Masten aufgetragenen Marken fällt.

Sind mehrere Leitungen von gleichem Querschnitt neben- und untereinander zu verlegen, so kontrolliert man zunächst den Durchhang der obersten Leitung wie vorher angegeben, alsdann kann man bei einiger Uebung die anderen Leitungen nach dem Augenmaß hierzu parallel spannen. Werden verschiedene Querschnitte an Masten oder Gestängen verlegt, so ist, obwohl die vorgeschriebenen Durchhänge für die einzelnen Querschnitte bei gleicher Stützpunktentfernung verschieden sind, ein gleicher Durchhang aller Leitungen anzustreben. Dies kann dadurch erreicht werden, daß man für die betreffende Temperatur und Spannweite und die zu verlegenden Querschnitte den größten vorgeschriebenen Durchhang auswählt und dann für alle Querschnitte anwendet.

Die Befestigung der Leitungen ist durch Halsbunde nach Abb. 156 herzustellen. Die Anwendung von Kopfbunden, bei denen die Leitung auf dem Kopf des Isolators ruht, ist im allgemeinen nicht zu empfehlen. Der Bindedraht soll stets aus demselben, bei Leichtmetallen aus möglichst gleichartigem Material bestehen, wie die Leitungen selbst. Bei einem Leitungsquerschnitt bis 50 qmm ist Bindedraht von 6 qmm zu verwenden, welcher bei Quurschnitten bis 35 qmm 3 mal, bei 50 qmm 4 mal um den Isolator zu wickeln ist. Bei den Leitungsquerschnitten von 70 bis 120 qmm ist Bindedraht von 10 qmm zu wählen, der bei

Arbeitsvorgang bei Herstellung eines Normalbundes.

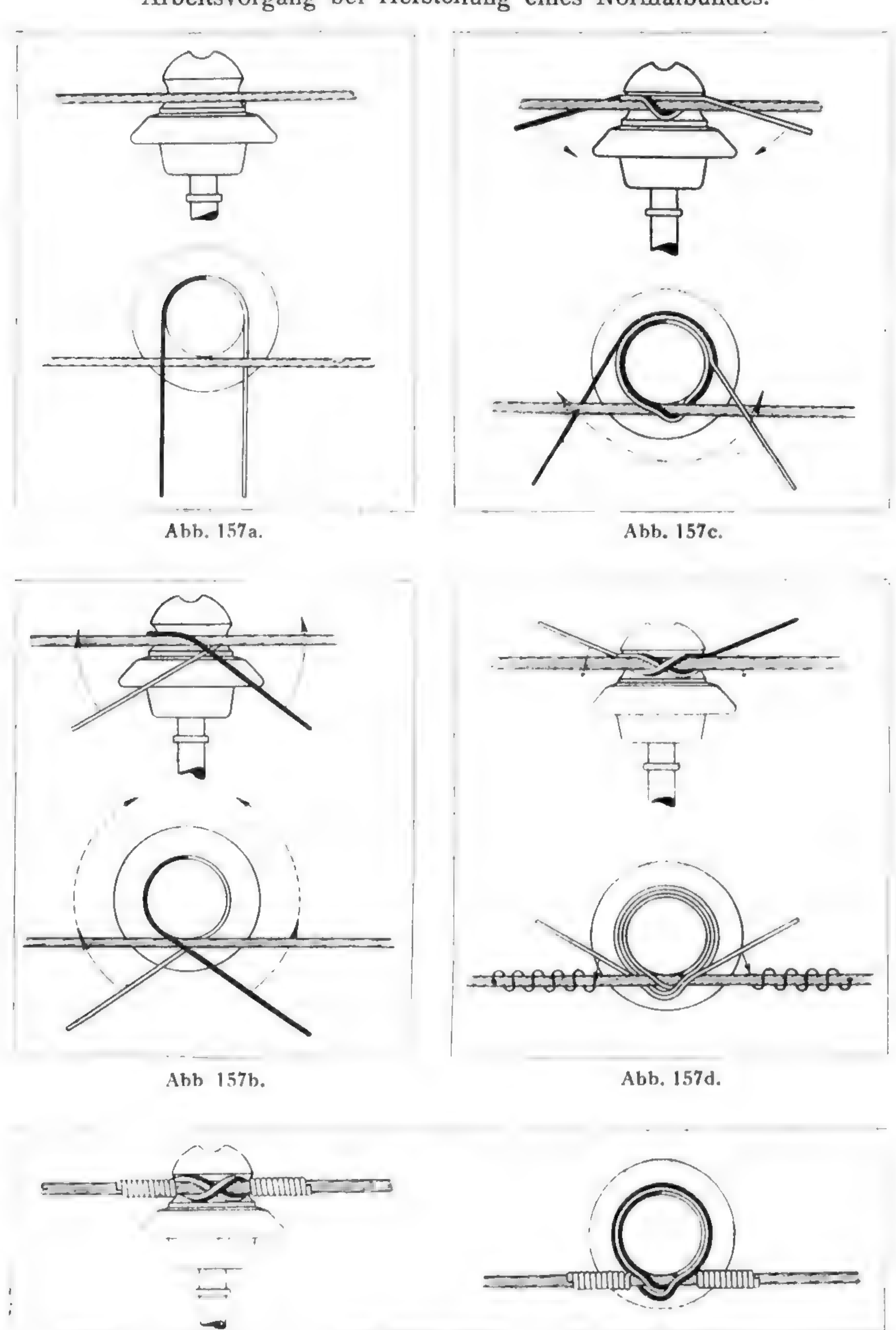


Abb. 157a.

Abb. 157c.

Abb. 157b.

Abb. 157d.

Abb. 157e.

Der Deutlichkeit wegen sind die Bindewindungen nebeneinander gezeichnet.

70 qmm 3 mal, bei 95 und 120 qmm 4 mal um den Isolator zu wickeln ist. Die Herstellung eines Normalbundes zeigen die Abb. 157a-f. Bei drei Windungen ist der Anfang wie in Abb. 157a, bei vier Windungen der Anfang wie in Abb. 157f angegeben, zu machen. An Winkelpunkten ist darauf zu achten, daß der Isolator sich innerhalb des vom Leitungsdraht gebildeten Winkels befindet, damit der Leitungszug vom Isolator aufgenommen wird.

Abb. 156.
Halsbund.

Wird zur Herstellung von Isolatorenbunden der Mast mittels Steigeisen bestiegen, so hat der die Arbeit ausführende Monteur einen Rettungsgürtel anzulegen, mit dem er sich, oben am Mast angekommen, zuverlässig vor dem Herunterfallen zu sichern hat (Abb. 158).



Die Verbindung von weichgezogenen, blanken, massiven Kupferleitungen kann nach Abb. 159 durch Wickellötstellen hergestellt werden. Bei hart gezogenen massiven Kupferleitungen oder Seilen sind Lötungen unzulässig. Zur Verbindung werden vorteilhaft Niet- oder Schraubenverbinder, wie vorher in Abb. 152 angegeben, verwendet.

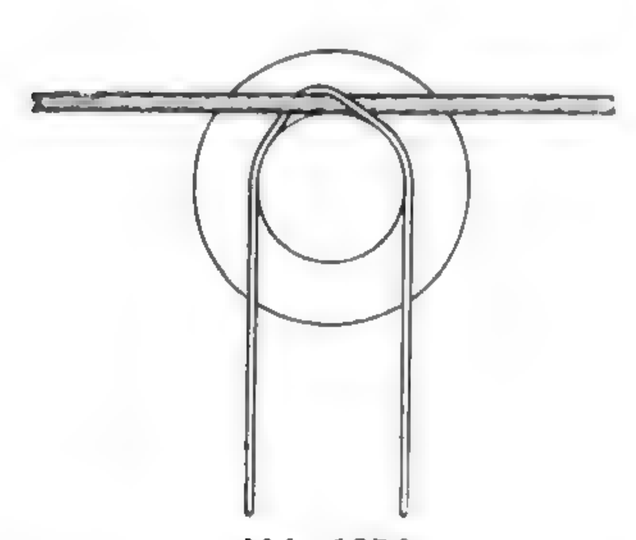


Abb. 157 f.
Arbeitsbeginn für einen Bund, wenn der Bindedraht viermal um den Isolator zu wickeln ist.



Abb. 158.
Abbinden der Leitung nach Besteigen des Mastes mittels Steigeeisen

Die Verbindung von Kupferseilen kann auch durch Verspleißen der Enden oder durch Konusverbinder nach Abb. 160 erfolgen. Abzweigungen von Kupferleitungen werden zweckmäßig durch Klauenklemmen an den Isolatoren vorgenommen und müssen vom Zug entlastet sein. (Abb. 161.)



Abb. 159. Wickellötstelle

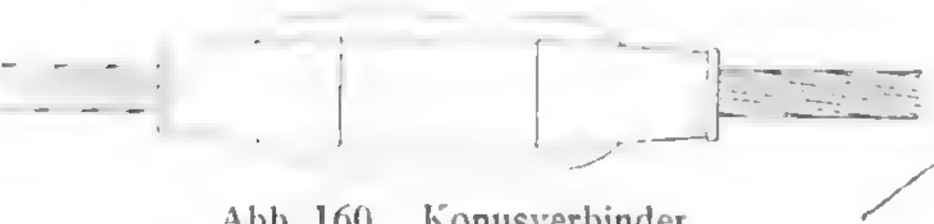


Abb. 160. Konusverbinder.

Bei Herstellung von Aluminiumabzweigungen, die nur durch Spezialkonstruktionen sicher hergestellt werden können, ist dafür zu sorgen, daß an den Verbindungsstellen der Zutritt von Feuchtigkeit durch einen haltbaren Lackanstrich verhindert wird. Ebenso sind bei Kupferabzweigungen von Aluminiumleitungen zweckmäßig Spezialkonstruktionen anzuwenden und die Verbindungsstellen durch einen Lackanstrich zu schützen.

Insoweit bei Abzweigungen von Freileitungen unter Querschnittsverminderung Sicherungen anzuordnen sind, soll dies, wenn es sich um Stromstärken bis 60 Amp. handelt, wie in Abb. 162 angegeben, geschehen.

Bei Uebergängen von Freileitungen auf fest verlegte Leitungen sind in senkrechter Richtung isolierte Leitungen in Rohr zu verlegen. Die oberen Rohrenden sind hierbei mit entsprechenden Einführungen zu versehen, um das Eindringen von Regenwasser in die Rohre wirksam zu

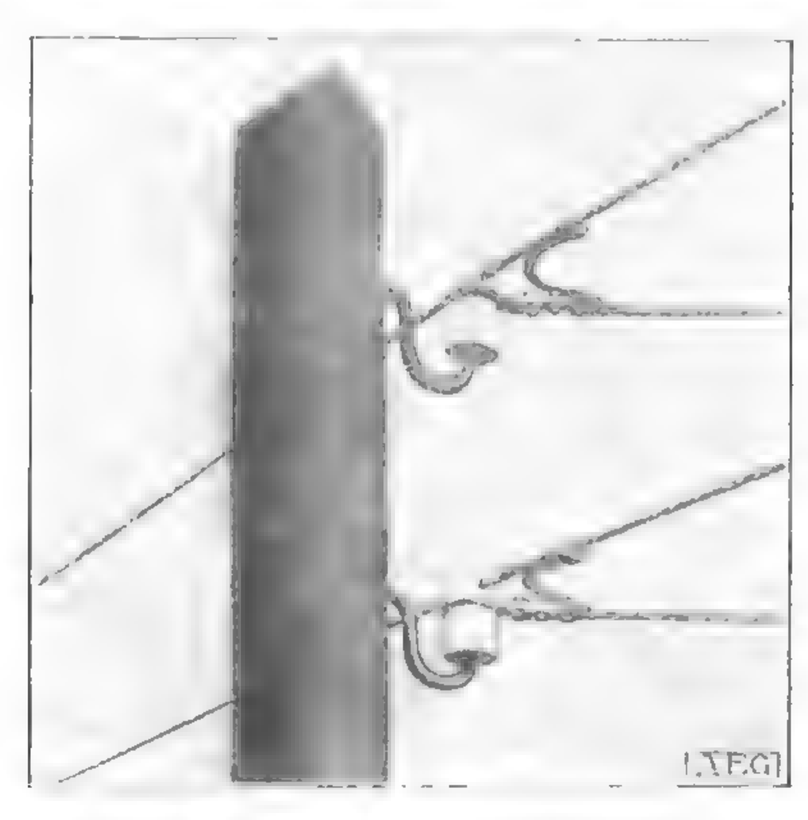


Abb. 161. Abzweig ohne Sicherungen.

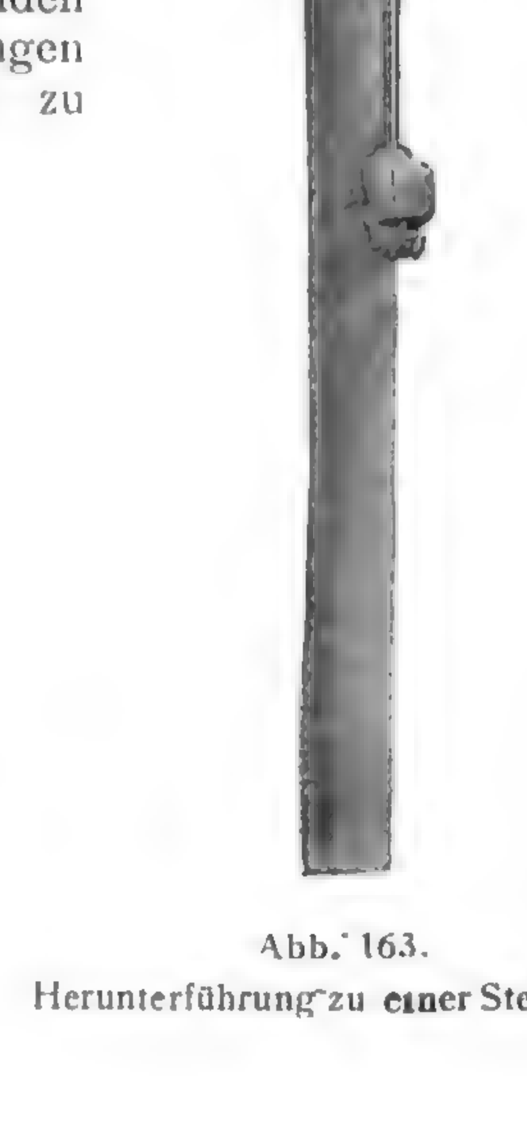
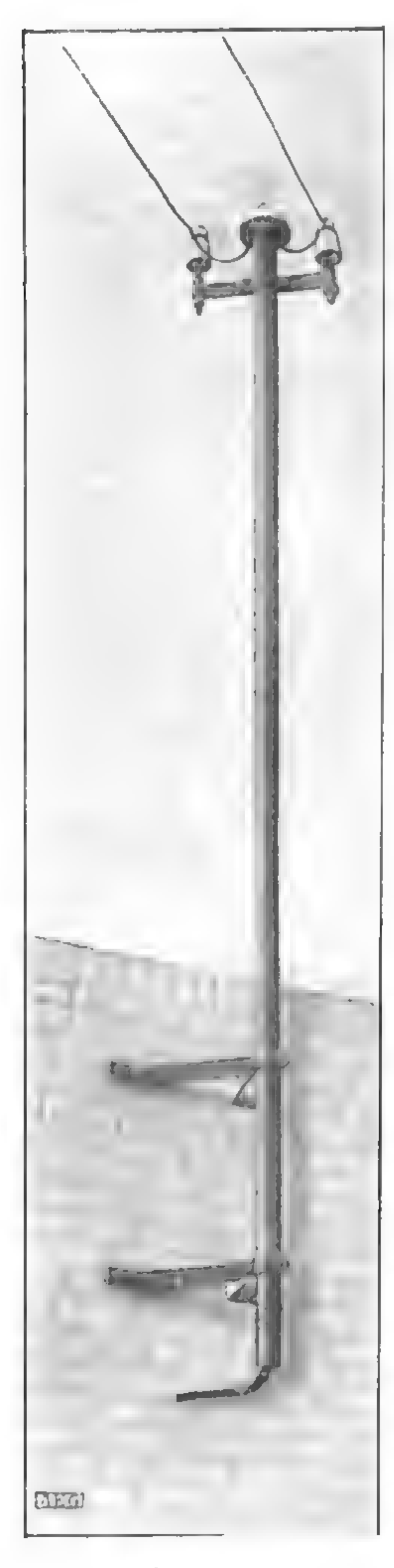
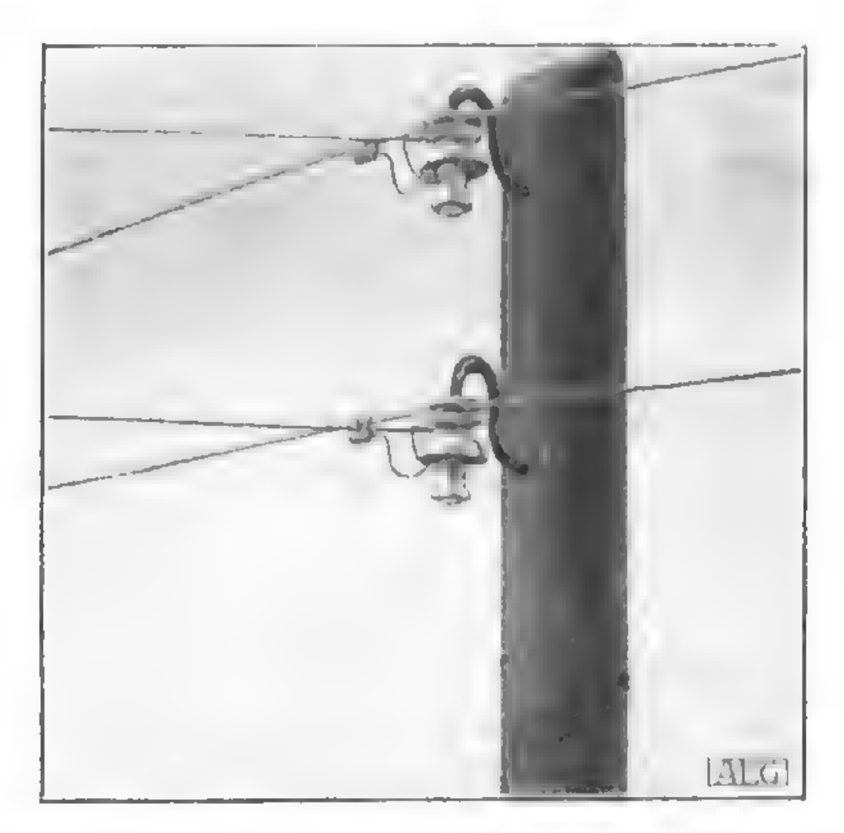


Abb. 163. Herunterführung zu einer Steckdose.


Abb. 164.
Einführung in ein Gebäude.

verhindern. Die richtige Anordnung an Masten zeigt Abb. 163 mit zweiteiligem Einführungskopf. Den Uebergang von einer Freileitung an Rohrständern verlegt in ein Gebäude zeigt Abb. 164 in zweckmäßiger Ausführung. Derartige Rohrständer müssen so ausgebildet sein, daß ein Berühren der blanken Leitungen vom Gebäude aus ohne besondere Hilfsmittel nicht möglich ist.


Abb. 162. Sicherungen im Freileitungsabzweig.

Insbesondere müssen also Dachständer so hoch sein, daß man auf dem Dach stehend die Leitungen nicht berühren kann, was bei Arbeiten auf dem Dach leicht gefährlich werden könnte. Daher werden auf Dächern und dergl. häufig sehr lange Rohrständer nötig, die durch Ankerdrähte verstärkt werden müssen. Eine derartige Anordnung zeigt Abb. 145.

Isolations-Prüfungen und -Messungen.

I. Allgemeines.

Auch wenn bestes Isoliermaterial mit größter Sorgfalt verwendet wird, ist es nicht möglich, eine vollständige elektrische Isolation der Stromleitungen zu erreichen. Stets tritt ein geringer Fehlerstrom auf. Ist er nicht größer als $^1/_{1000}$ Ampere = 1 Milliampere, so kann er keinen Schaden anrichten. Die Isolation genügt dann den Sicherheitsvorschriften des V. D. E. und ist als ausreichend anzusehen.

In der Praxis wird der Fehlerstrom selber nicht gemessen, sondern der Widerstand, den die Isolation dem Stromdurchfluß entgegensetzt **(Isolationswiderstand).** Aus diesem und aus der Betriebsspannung berechnet sich dann nach dem Ohmschen Gesetz der im Betrieb auftretende

$$\text{Fehlerstrom in Ampere} = \frac{\text{Betriebsspannung in Volt}}{\text{Isolationswiderstand in Ohm}}$$

Der Fehlerstrom soll den vorgeschriebenen Höchstwert von 1 Milliampere nicht überschreiten, der Isolationszustand ist also ausreichend, wenn der Isolationswiderstand größer ist als

110 000 Ohm bei 110 Volt Betriebsspannung,
220 000 „ „ 220 „ „
380 000 „ „ 380 „ „
500 000 „ „ 500 „ „ usw.

Bei der Messung der Isolationswiderstände hat man es also immer mit großen Werten zu tun, deshalb ist dafür, der Bequemlichkeit halber, auch eine größere Maßeinheit, das „Megohm" eingeführt, das einer Million Ohm gleich ist.

110 000 Ohm sind also = 0,11 Megohm,
220 000 „ „ „ = 0,22 „
380 000 „ „ „ = 0,38 „
500 000 „ „ „ = 0,50 „
1 000 000 „ „ „ = 1,00 „
3 000 000 „ „ „ = 3,00 „

Die Skalen der Meßinstrumente sind meist sogleich mit diesen Angaben versehen.

Der V. D. E. verlangt nicht, daß die gesamte Anlage diese Isolationswiderstände besitzt. Es genügt, wenn jede Teilstrecke zwischen zwei Sicherungen oder die Strecke hinter der letzten Sicherung und jeder Stromverbraucher für sich den verlangten Isolationswiderstand aufweist.

Der Isolationszustand der aus mehreren Zweigstrecken oder mehreren Stromverbrauchern zusammengesetzten Gesamtanlage wird daher wesentlich geringer sein dürfen; denn wenn für jede einzelne Teilstrecke der Gesamtanlage ein Fehlerstrom von 1 Milliampere zulässig ist, wird für eine aus 3 Teilstrecken bestehende Gesamtanlage ein Fehlerstrom von 3 Milliampere zulässig sein. Der Isolationszustand der Gesamtanlage hängt also nicht nur von der Beschaffenheit der Isoliermaterialien, sondern auch von dem Umfang der Anlage ab. Sehr ausgedehnte Leitungsnetze zeigen daher einen weit größeren Fehlerstrom als 1 Milliampere, ohne deshalb feuergefährlich oder mangelhaft zu sein.

Der Isolationswiderstand einer bestimmten Anlage ist nicht eine unveränderliche Größe. Er ändert sich durch die Wirkung der Wärme, der Feuchtigkeit und ähnlicher Einflüsse. Freileitungen haben z. B. bei trockenem Wetter einen sehr guten Isolationszustand, der sich bei Regen zu vermindern pflegt. Leitungen in Viehställen haben unmittelbar nach der Herstellung meist einen ausreichenden Isolationszustand; sind sie jedoch nicht den Erfahrungen entsprechend ordnungsmäßig verlegt, so kann sich der Isolationszustand der Stalleitung unter der Wirkung des Stalldunstes leicht verschlechtern. Dagegen werden die Leitungen in einem Neubau unmittelbar nach der Verlegung wegen der vorhandenen Feuchtigkeit gewöhnlich nur einen geringen Isolationswert haben, der sich aber mit dem Austrocknen des Baues verbessert.

Die Vorschriften des V. D. E. bestimmen, daß der Isolationswert tunlichst mit der Betriebsspannung, mindestens aber mit 100 Volt festgestellt werden soll. Bei Messungen mit Gleichstrom gegen Erde soll tunlichst der negative Pol der Stromquelle an die zu prüfende Leitung gelegt werden.

Bei allen Feststellungen des Isolationswertes soll nicht nur die Isolation zwischen den Leitungen und Erde, sondern auch die Isolation je zweier Leitungen gegeneinander geprüft werden. Dabei sollen alle Glühlampen, Bogenlampen, Motoren oder andere stromverbrauchende Apparate von ihren Leitungen abgetrennt, dagegen alle vorhandenen Beleuchtungskörper angeschlossen, alle Sicherungen eingesetzt und alle Schalter geschlossen sein. Damit soll erreicht werden, daß auch wirklich alle Teile der zu prüfenden Anlage in das Prüf- und Meßverfahren einbezogen werden. Daher ist es unerläßlich, jeder Isolationsfeststellung eine **Leitungsprüfung** vorangehen zu lassen.

Bei der Isolationsfeststellung unterscheidet man:

1. Die **Isolationsprüfung**, bei der es lediglich auf die Feststellung ankommt, ob die untersuchte Leitungsstrecke, die Maschine, der Apparat usw. wenigstens den durch die Vorschriften des V. D. E. vorgeschriebenen Isolationswiderstand besitzt.
2. Die **Isolationsmessung**, durch die der wirkliche Wert des Isolationswiderstandes mit möglichster Genauigkeit ermittelt werden soll.
3. Die **Fehlerortsbestimmung**, durch die der Ort festgestellt werden soll, an dem der Isolationsfehler eingetreten ist.

Die Isolations-Prüfungen, -Messungen und Fehlerortsbestimmungen können sowohl an Anlagen vorgenommen werden, die sich im Betrieb befinden, wie auch an Leitungsstrecken und Stromverbrauchern, die nicht unter Spannung stehen. Dazu kann entweder die Netzspannung gebraucht werden, oder man bedient sich der Spannung einer fremden Stromquelle, einer Batterie oder eines Kurbelinduktors.

II. Isolations-Prüfinstrumente und -Methoden.

1. Anlage im Betrieb.

In Anlagen, die sich im Betrieb befinden, besteht das Bedürfnis, sich über den Isolationszustand der Anlage jederzeit ein ungefähres Bild zu machen. Man benutzt dazu die Netzspannung selbst und besonders für die Isolationsprüfung geeichte elektromagnetische bezw. Päzisions-

Voltmeter PL Nr 79101—09, 79201—19, 79221—39, 79111—19, die in der in Abb. 1 und 2 dargestellten Weise mit den Sammelschienen verbunden werden. **(Erdschlußprüfer).**

In Niederspannungsanlagen macht man die Instrumente abschaltbar. Man schaltet sie nur in dem Augenblick ein, in dem der Isolationszustand festgestellt werden soll.

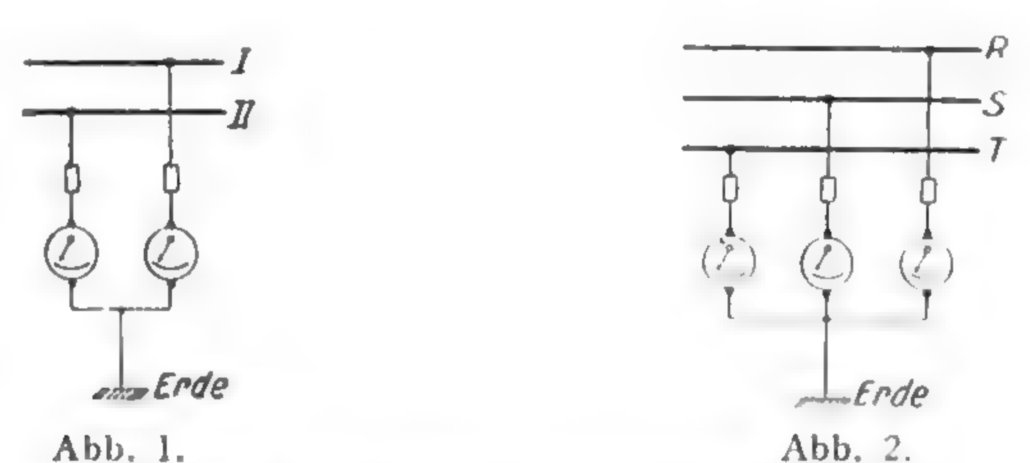


Abb. 1. Abb. 2.
Schaltung der Voltmeter als Erdschlußprüfer
in Zweileiteranlagen. in Drehstromanlagen

In Anlagen, die sich im Betriebe befinden, genügt im allgemeinen, daß das Auftreten eines Isolationsfehlers in irgendeiner Leitung erkannt werden kann, der störend zu wirken in der Lage ist. Das Vorhandensein eines solchen Fehlers ist daran erkennbar, daß die angebrachten Voltmeter verschiedenen Ausschlag zeigen. Der Fehler liegt in der Leitung, die mit dem Voltmeter verbunden ist, das den kleineren Ausschlag hat.

In Anlagen, die sich noch nicht im Betrieb befinden, verfährt man grundsätzlich anders.

2. Anlage außer Betrieb.

a) Allgemeines.

Für die Ermittlung des Isolationszustandes von Leitungsstrecken oder Stromverbrauchern, die nicht unter Spannung stehen, bedient man sich der **Galvanoskope,** das sind Isolationsprüfer, die in ihrer einfachen Ausführung die bequemsten und universellsten Instrumente darstellen, mit denen in Anlagen jeder Art und Spannung grobe Isolationsfehler oder Leitungsunterbrechungen festgestellt werden können. Sie werden in zwei Arten hergestellt:

Für die Prüfung mit Batteriestrom PL Nr 79714 bis 79716 mit der inneren Schaltung nach Abb. 3 und

für die Messung mit Batteriestrom oder mit Netzspannung bis 220 Volt PL Nr 79717 bis 79719 mit der inneren Schaltung nach Abb. 4.

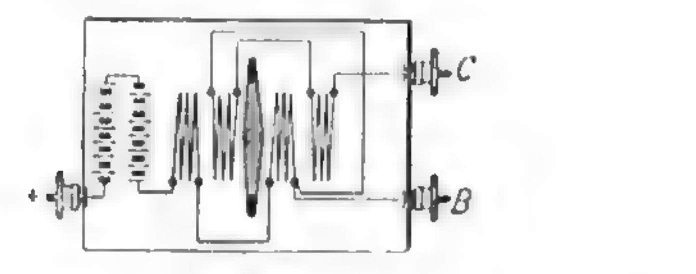


Abb. 3. Abb. 4.
Innere Schaltung der Galvanoskope für die Isolationsprüfung
mit Batteriestrom. mit Batteriestrom
oder mit Netzspannung bis 220 Volt

Das Galvanoskop wird so aufgestellt, daß seine Nadel auf Null zeigt, Magnete und große Eisenmassen dürfen sich nicht in der Nähe befinden. Ferner wird von einer guten Erdverbindung, Wasserleitung, Brunnenrohr, Eisenkonstruktion, Gasleitung und dergl. ein Draht nach der Prüfstelle hin verlegt. Alsdann kann die Prüfung beginnen, die sich aber nicht nur auf eine einzelne Beobachtung erstreckt, sondern auf mehrere.

In Abb. 5 ist dargestellt, daß neben den Fehlerströmen, die vom Draht I zur Erde fließen (x), auch die Fehlerströme ermittelt werden müssen, die vom Draht II zur Erde abströmen (y). Außer diesen Strömen müssen auch die Fehlerströme gemessen werden, die zwischen den Drähten I und II durch die Isolationen beider Drähte hindurchgehen (z), ohne zur Erde zu gelangen. Bevor aber die Messung beginnt, muß festgestellt werden, daß auch alle Teile der zu untersuchenden Anlage an der Prüfung beteiligt sind.

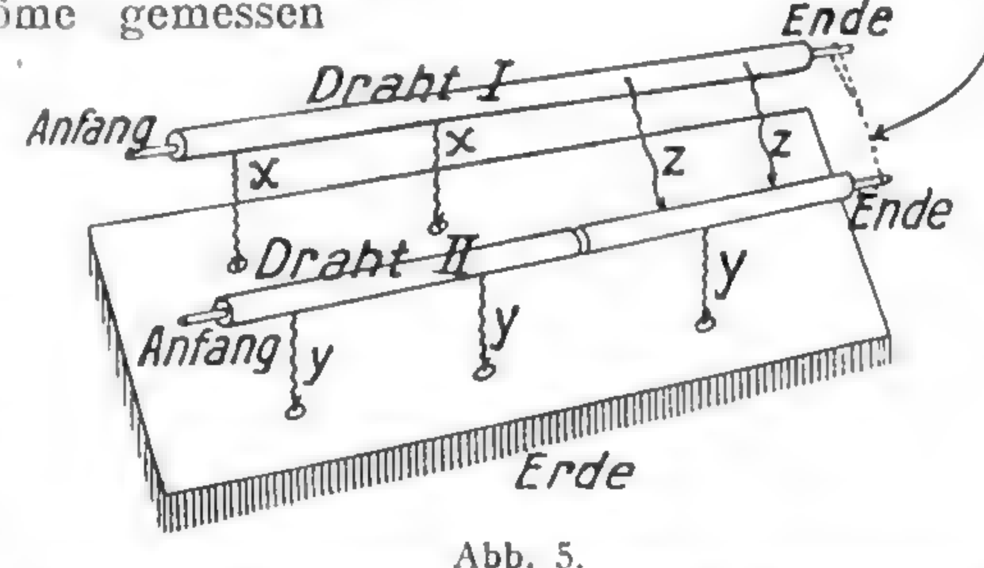


Abb. 5.
Schematische Darstellung der möglichen Isolationsfehler.

Würde z. B. der Draht II irgendwo eine Unterbrechung erlitten haben, wie Abb. 5 zeigt, und die Messung am Anfange der Leitung vorgenommen werden, so könnten weder die Fehler z noch der Fehler y nahe dem Ende des Drahtes II bemerkt werden. Vor jeder Isolationsmessung stelle man daher zunächst an den äußersten Enden der zu prüfenden Leitung eine Hilfsverbindung H her und überzeuge sich mit Hilfe der verwendeten Meßinstrumente von der Unversehrtheit der ganzen Leitungsstrecke. Nach dieser Leitungskontrolle wird die Verbindung H wieder gelöst und die Isolationsprüfung kann beginnen.

Der Verlauf der Prüfung wird an den folgenden Bildern gezeigt, in denen der Einfachheit halber die vollständige Installation nur einmal in Abb. 6 dargestellt ist. In den Abbildungen 7 und den folgenden sind nur die Drahtenden angedeutet, die zur Installation führen. Die Drähte sind mit I und II, die Isolationsfehler durch Punktierung bezeichnet. Die übrigen

b) Prüfung mit Batteriespannung.

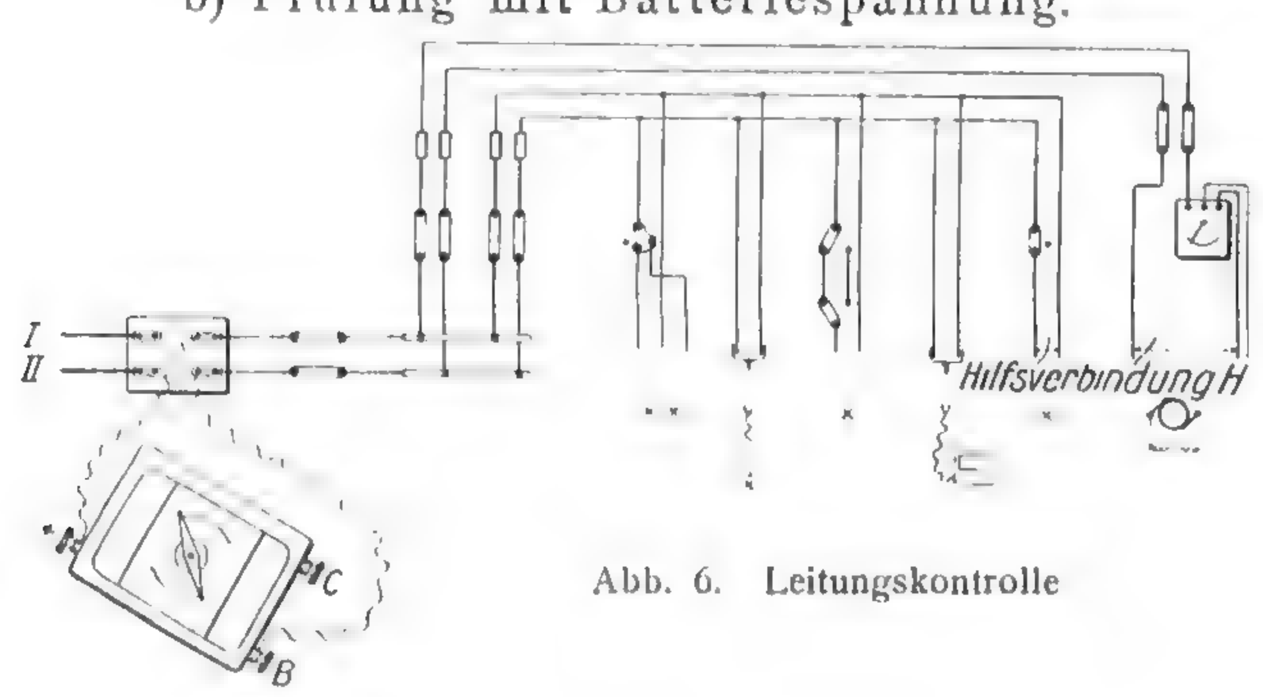


Abb. 6. Leitungskontrolle

Bezeichnungen entsprechen den Angaben, die sich auf den von der Fabrik gelieferten Apparaten vorfinden.

Die Nadel des Galvanoskops muß voll ausschlagen, wenn der Strom die ganze zu prüfende Leitung durchfließt. Sie muß aber auch auf die Nullstellung zurückkehren, wenn die Verbindung H gelöst wird.

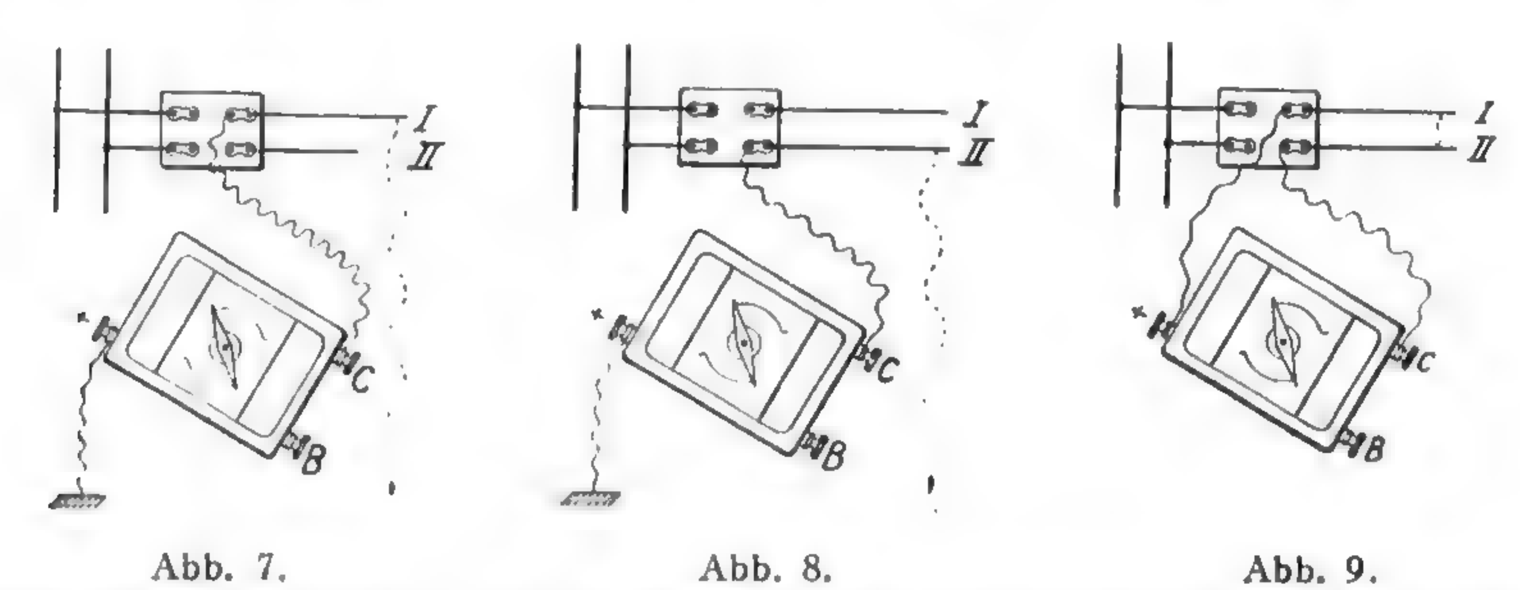


Abb. 7. Isolationsprüfung der Leitung I gegen Erde.

Abb. 8. Isolationsprüfung der Leitung II gegen Erde.

Abb. 9. Isolationsprüfung der Leitung I gegen Leitung II.

Die Ausschläge der Nadel des Galvanoskops werden in jedem Falle beobachtet. Auf der im Instrument angebrachten Eichtabelle können die ungefähren Größen der Isolationswiderstände abgelesen werden.

c) Mit Netzspannung.

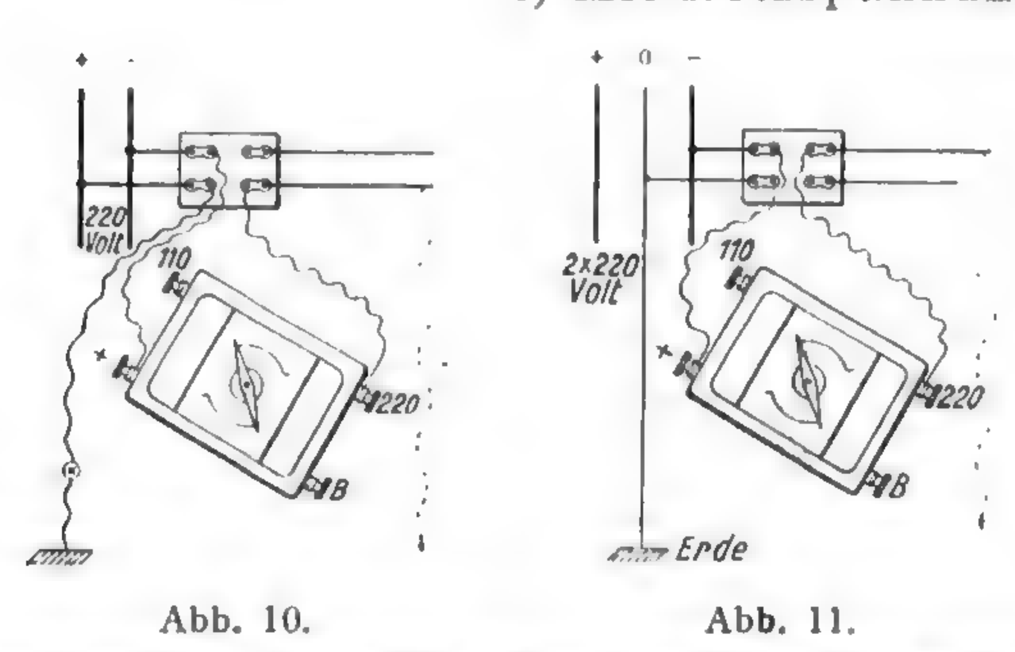


Abb. 10. Isolationsprüfung der positiven Leitung gegen Erde.

Abb. 11. Isolationsprüfung der negativen Leitung gegen Erde.

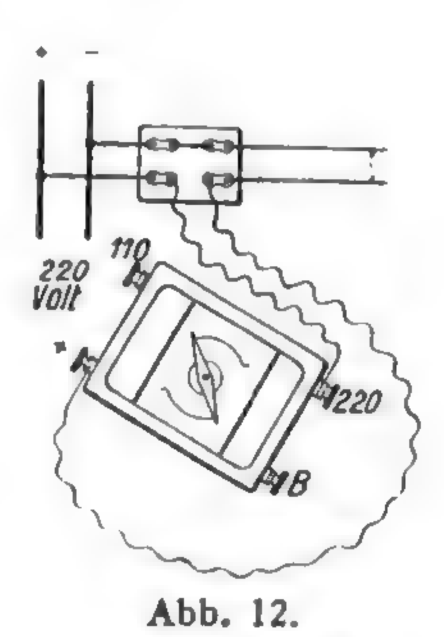


Abb. 12. Isolationsprüfung der positiven und negativen Leitungen gegeneinander.

In Dreileiteranlagen mit geerdetem Mittelleiter ist die Herstellung einer Erdleitung nicht nötig. Siehe Abb. 11.

In Stromerzeugungsanlagen ohne geerdete Leiter wird die Verbindung zwischen dem stromführenden Plusleiter und der Erde unter Zwischenschaltung einer Glühlampe hergestellt. Diese Glühlampe ist aber nur zum Schutz gegen Kurzschluß da; sie darf nicht glühen. Siehe Abb. 10.

Leitungen, bei denen der geringe Ausschlag des Galvanoskops auf einen genügend großen Isolationswiderstand schließen läßt, können ohne Gefahr unter Spannung gesetzt werden, siehe Abb. 12.

III. Isolations-Meßinstrumente und -Methoden.

1. Anlage im Betrieb.

Erdschlußmesser. Um den Isolationswert der im Betrieb befindlichen Anlagen durch eine Messung genau zu ermitteln, bedient man sich in Gleichstromanlagen der Präzisions-Voltmeter PL Nr 79201 bis 79219. Man verbindet sie entsprechend Abb. 13 mit einem doppelpoligen Voltmeterumschalter mit 3 Kontakten. In den drei Stellungen des Umschalters liest man ab

in Stellung I die Spannung der Plusleitung gegen Erde = Vp;
" " III die Spannung der Minusleitung " " = Vm;
" " II die Netzspannung zwischen der Plus- und Minusltg. = E

Mit Hilfe des Widerstandes, der auf dem Instrument angegeben ist (R), errechnet man dann den Isolationswiderstand der Gesamtanlage nach folgenden Formeln:

$$x = R\left(\frac{E - Vp - Vm}{Vp + Vm}\right)$$

Beispiel: Der Instrumentenwiderstand R sei = 26 000 Ohm,
die Netzspannung E = 220 Volt,
die Voltmeterausschläge Vp = 54 Volt,
Vm = 11 Volt,

$$\text{dann ist } x = 26\,000\left(\frac{220 - 54 - 11}{54 + 11}\right) = 62\,000 \text{ Ohm.}$$

Zum Zwecke der Erdschlußmessungen an Wechselstromanlagen, die sich im Betriebe befinden, können die gleichen Meßinstrumente verwendet werden, aber in Verbindung mit einer Meßbatterie und einer Drosselspule. Die Schaltung ist in Abb. 14 dargestellt. In Drehstromanlagen mit geerdetem Nulleiter ist eine Erdschlußmessung während des Betriebes nicht durchführbar.

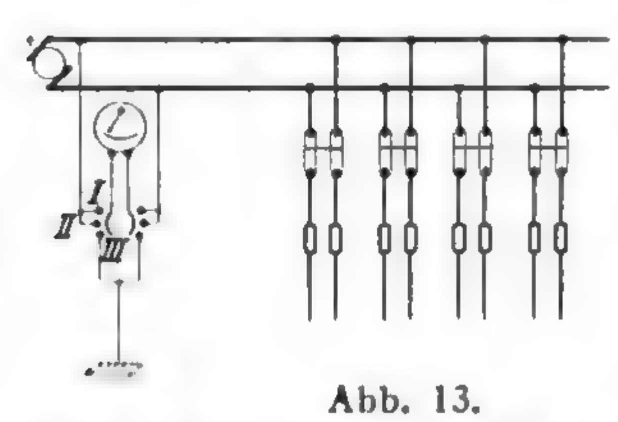


Abb. 13.
Erdschlußmessung an einer im Betrieb befindlichen Gleichstromanlage.

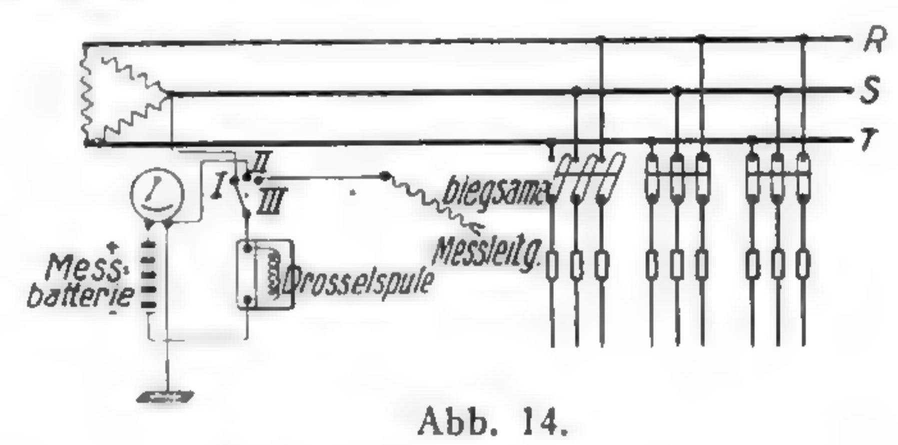


Abb. 14.
Erdschlußmessung an einer im Betrieb befindlichen Wechselstromanlage.

Der Voltmeterumschalter bewirkt, daß in Stellung I der Isolationswert der Gesamtanlage und in Stellung III der Isolationswert desjenigen Teils der Anlage angezeigt wird, der mit der biegsamen Meßleitung gerade verbunden wird. Die Instrumente können so geeicht werden, daß der Isolationswert der Anlage unmittelbar angezeigt wird, so daß sich eine Rechnung erübrigt. In Stellung II wird das Instrument geprüft. Die Kurbelinduktoren, die später behandelt werden, sind ebenfalls für diese Messungen verwendbar, sofern die Spannung der zu messenden Wechselstromanlage nicht höher ist als die auf dem Kurbelinduktor angegebene Spannung.

2. Anlage außer Betrieb.

a) Messung mit Gleichstrom-Netzspannung.

Präzisions-Voltmeter für Gleichstrom eignen sich ohne Ausnahme wegen ihrer hohen Meßgenauigkeit auch für die Isolationsmessungen mit Hilfe der Netzspannung an Leitungen und Stromverbrauchern, die sich nicht im Betriebe befinden. Man verwendet dazu die transportablen Drehspul-Instrumente PL Nr 77221 bis 77231. Diese Instrumente können derart mit einer Ohmskala versehen werden, daß der Isolationswiderstand der zur prüfenden Leitung am Zeigerausschlag unmittelbar abgelesen werden kann. Diese Angaben sind aber nur richtig, wenn die Netzspannung der Spannung gleich ist, für die die Ohmskala geeicht wurde. Diese Spannung ist auf dem Instrument angegeben. — Da aber die Netzspannung nicht in allen Teilen des Netzes gleich ist und außerdem in sich auch noch schwankt, gibt ein mit Ohmskala versehenes Präzisions-Voltmeter nicht immer die Möglichkeit der genauen direkten Ablesung des Isolationswiderstandes. Man verwendet deshalb für eine genaue Isolationsmessung am besten die Präzisions-Voltmeter mit einfacher Voltskala und ermittelt den Isolationswiderstand nach folgender Methode.

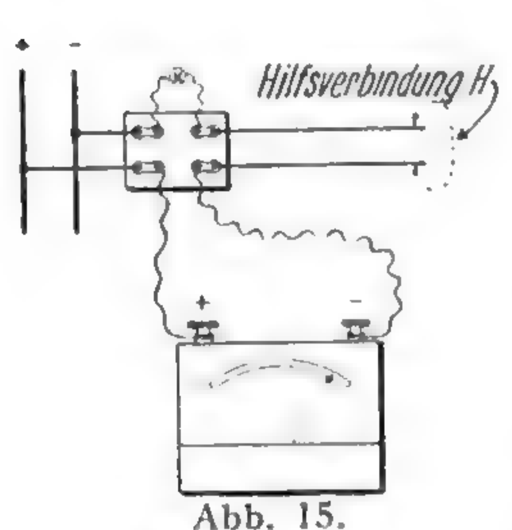


Abb. 15.
Leitungsprüfung mit Netzspannung.

Der eigentlichen Messung geht wieder eine Leitungsprüfung voraus, durch die festgestellt wird, daß auch wirklich die ganze Anlage an der Messung beteiligt ist. Gleichzeitig kann dabei aber auch die Netzspannung „E“ ermittelt und der Widerstand „R“ des Meßinstrumentes festgestellt werden. Beide Angaben sind zur Durchführung der Isolationsmessung durchaus nötig. Ebenso richte man, wie bereits früher bei der Gebrauchserläuterung für die Galvanoskope erwähnt, eine gute Erdverbindung her.

Nachdem die Leitungsprüfung durchgeführt worden ist, entfernt man die Hilfsverbindung „H“ und verfährt entsprechend den folgenden Abbildungen:

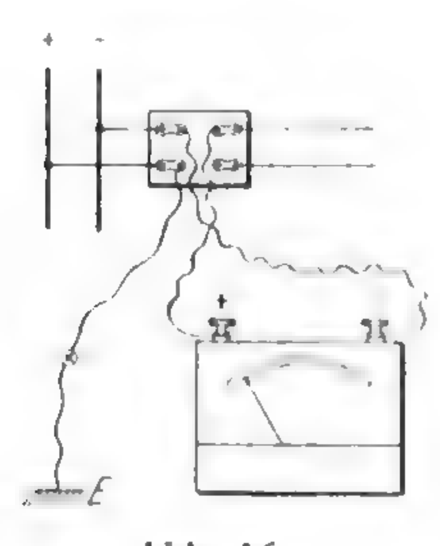


Abb. 16.
Isolationsmessung der negativen Leitung gegen Erde. Man erhält den Ausschlag „V I“

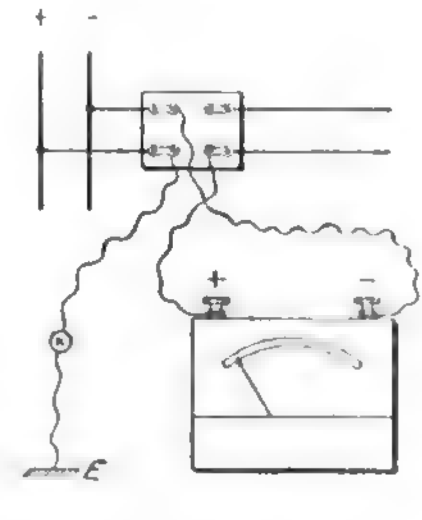


Abb. 17.
Isolationsmessung der positiven Leitung gegen Erde. Man erhält den Ausschlag „V II“.

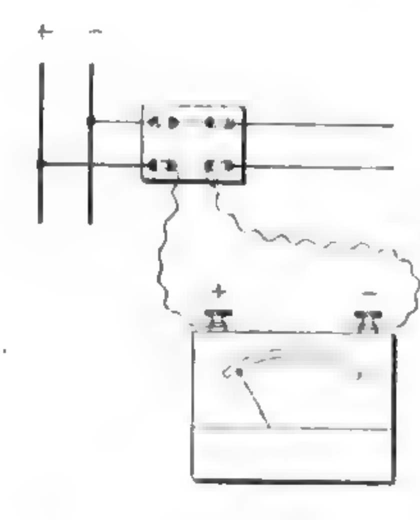


Abb. 18.
Isolationsmessung der positiven und negativen Leitungen gegen einander. Man erhält den Ausschlag „V I-II“

Aus diesen Angaben errechnet sich der jeweilige Isolationswiderstand in Ohm = Instrumentenwiderstand mal $\frac{\text{Netzspannung-Ausschlag}}{\text{Ausschlag}}$

$$X = R \cdot \frac{E - V}{V}$$

Beispiel: Es sei gefunden worden

1. Instrumentenwiderstand R (steht auf dem Instrument vermerkt) . . 40 000 Ohm
2. Netzspannung E (bei der Leitungsprüfung gefunden) . . . . 224 Volt
3. Ausschlag V I (bei der Messung der neg. Leitung gegen Erde gefunden) 18 „
4. „ V II (. . „ . pos. . „ . .) 26 „
5. „ V I—II (. . „ . neg. . . die pos. .) 35 „

Dann ist der Isolationswiderstand

der neg. Leitung gegen Erde $X\,I = 40\,000 \times \frac{224-18}{18} = 458\,000$ Ohm

der pos. Leitung gegen Erde $X\,II = 40\,000 \times \frac{224-26}{26} = 304\,000$ Ohm

der neg. Leitung gegen die pos. $X\,I-II = 40\,000 \times \frac{224-35}{35} = 216\,000$ Ohm

Der Isolationswiderstand der Anlage gegen Erde ist vollkommen ausreichend, der der Leitungen gegeneinander entspricht dagegen nicht ganz den Verbands-Vorschriften und könnte beanstandet werden.

b) Messung mit Wechselstrom-Netzspannung.

Sollen Isolationsmessungen an Wechselstromanlagen mit Netzspannung durchgeführt werden, so können dazu nur die Instrumente PL Nr 79351 bis 79355 verwendet werden. Sie sind mit Volt- und Ohmskala versehen und können daher sowohl als Voltmeter als auch als Isolationsprüfer verwendet werden. Die innere Schaltung zeigt Abb. 19 und 20.

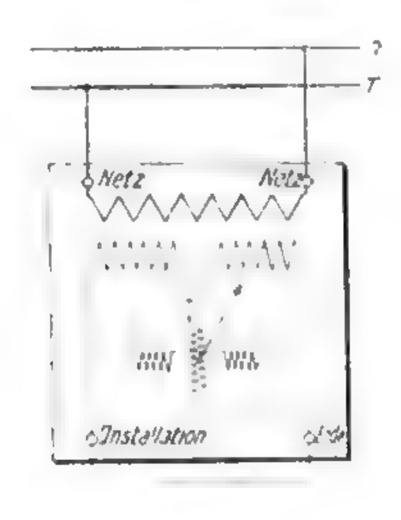


Abb. 19.
Anwendung des Isolationsmessers für Wechselstrom als Voltmeter.



Außenansicht des Isolationsmessers für Wechselstrom

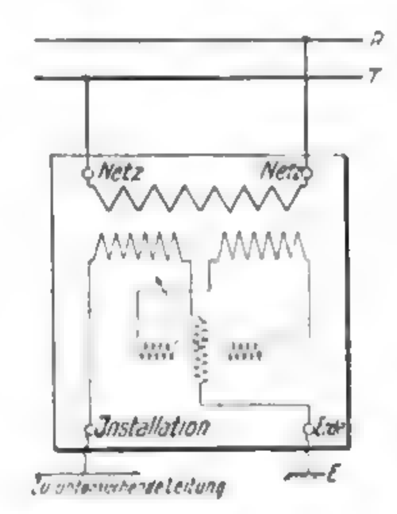


Abb. 20.
Anwendung des Isolationsmessers für Wechselstrom zum Messen von Isolationswiderständen.

Beim Gebrauch der Instrumente ist darauf zu achten, daß die Netzspannung der Spannung entspricht, für die das Instrument geeicht ist. Sie ist auf dem Instrument selbst vermerkt. Der Gebrauch des Instrumentes zur Isolationsmessung ist in den nachfolgenden Abbildungen erläutert.

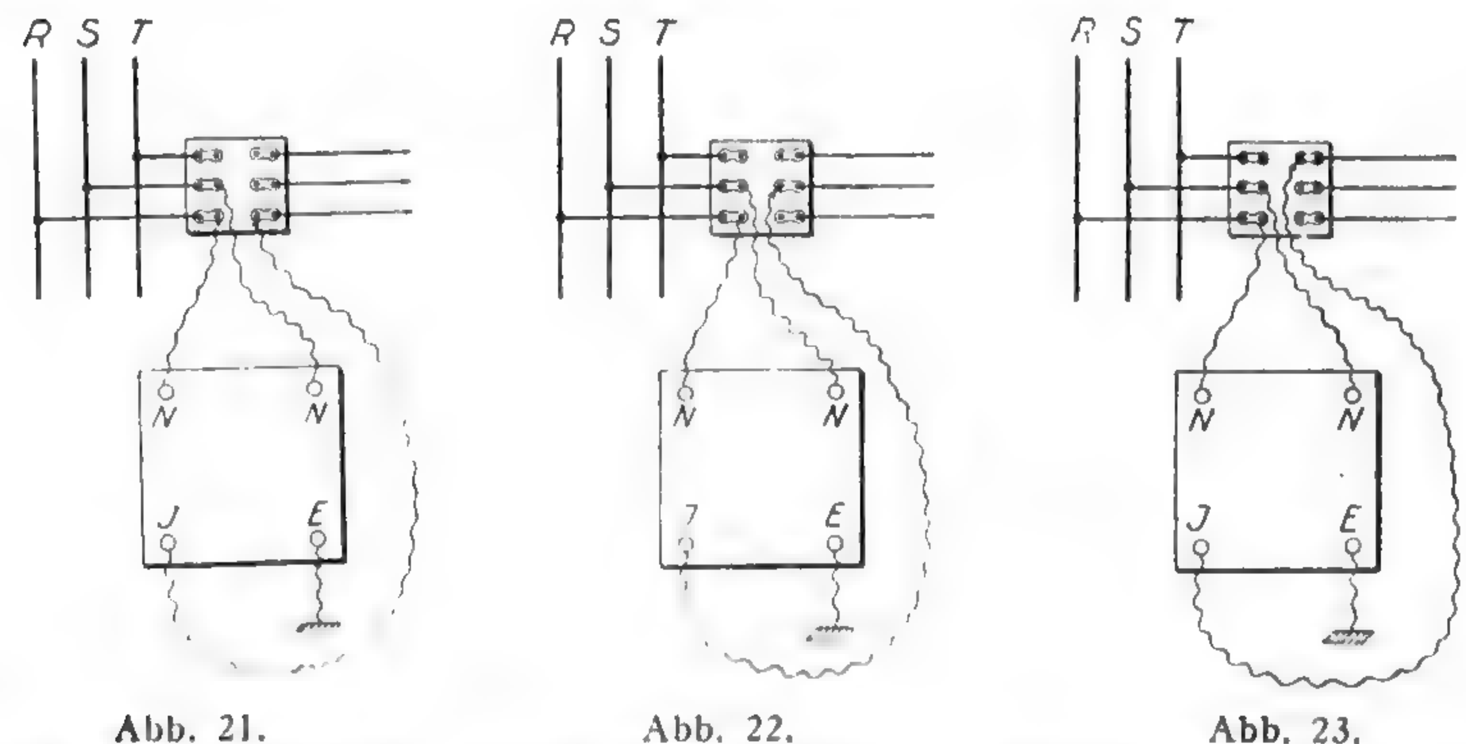


Abb. 21.
Messung des Isolationswiderstandes der Leitung R gegen Erde.

Abb. 22.
Messung des Isolationswiderstandes der Leitung S gegen Erde.

Abb. 23.
Messung des Isolationswiderstandes der Leitung T gegen Erde.

Bei Drehstromanlagen mit oder ohne geerdetem Nulleiter ist darauf zu achten, daß jede der drei Phasenleitungen gegen jede der beiden anderen Leitungen unter Spannung steht. Deshalb genügt hier nicht eine Messung zur Prüfung der Isolationswiderstände aller Leitungen gegeneinander, sondern es müssen drei Messungen gemacht werden. Eine Erdverbindung ist dabei nicht nötig. Man verfahre folgendermaßen:

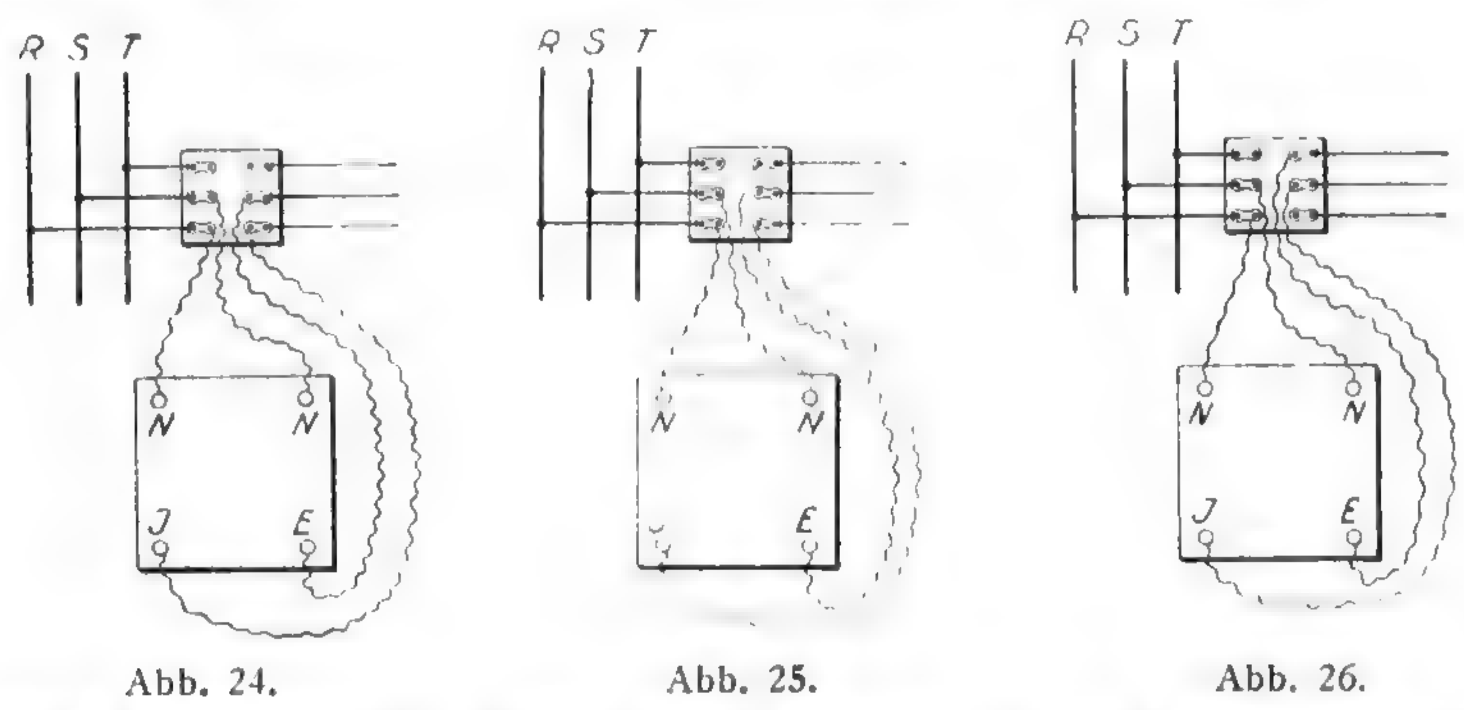


Abb. 24.
Messung des Isolationswiderstandes R gegen die Leitung S.

Abb. 25.
Messung des Isolationswiderstandes R gegen die Leitung T.

Abb. 26.
Messung des Isolationswiderstandes S gegen die Leitung T.

Die Werte dieser Isolationswiderstände werden am Instrument unmittelbar abgelesen.

IV. Universal-Kurbelinduktoren.

Die Vielgestaltigkeit der Isolationsmessung in Gleichstrom- und Wechselstromanlagen mit Spannungen verschiedener Höhe würde die Bereitstellung einer erheblichen Zahl von Instrumenten verlangen, wenn stets Messungen mit höchster Genauigkeit verlangt werden würden. Die vom V. D. E. in § 5 der Errichtungsvorschriften für elektrische Stark-

stromanlagen vorgeschriebenen Isolationsmessungen verlangen aber diesen hohen Grad der Genauigkeit nicht. Das ermöglicht dem Wunsche der Praxis nachzukommen, welche die verschiedenartigsten Messungen mit einem und demselben tragbaren Instrument durchführen möchte. Diesem Zwecke dienen die Isolationsmesser mit Kurbelinduktoren. Das sind Universalinstrumente für alle Arten von Isolationsmessungen.

Die Kurbelinduktoren können sowohl zu Isolationsmessungen wie auch zu Spannungsmessungen aller Art angewendet werden. Ihre Anwendungsmöglichkeit ist daher vielgestaltig. Sie dienen zur Messung der

1. Spannung an Wechsel- und Drehstromnetzen mittels eines elektromagnetischen Voltmeters;
2. Spannungen an Gleichstromnetzen mittels des Gleichstrom-Präzisions-Voltmeters;
3. Isolation an Wechselstromanlagen unter Spannung mittels des elektromagnetischen Voltmeters oder des Gleichstrom-Präzisions-Instrumentes und Kurbelinduktors;

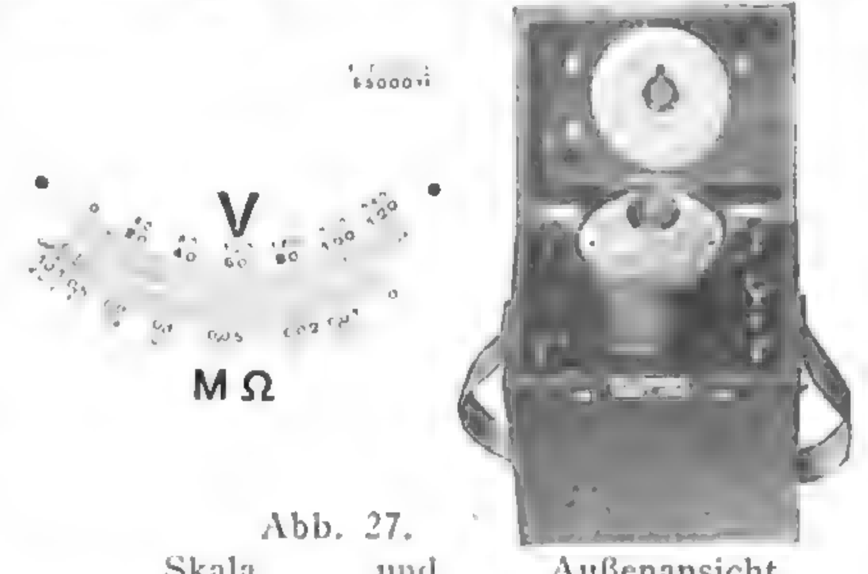


Abb. 27.
Skala und Außenansicht des Kurbelinduktors mit Voltmeter.

4. Isolation an Gleichstromanlagen unter Spannung mittels des Gleichstrom-Präzisions-Voltmeters unter Zuhilfenahme der Netzspannung;
5. Isolationsmessungen an stromlosen Gleich- und Wechselstromanlagen mittels des Gleichstrom-Präzisions-Instrumentes und des Kurbelinduktors.

Dieses Universalinstrument ermöglicht also die Durchführung aller vorbeschriebenen Messungen und die unmittelbare Ablesung der gesuchten Widerstandswerte an einer Skala, die in Abb. 27 dargestellt ist. „MΩ" heißt Megohm = 1000000 Ohm. Die weiteren Abbildungen zeigen den Gebrauch des Instrumentes als Spannungsmesser.

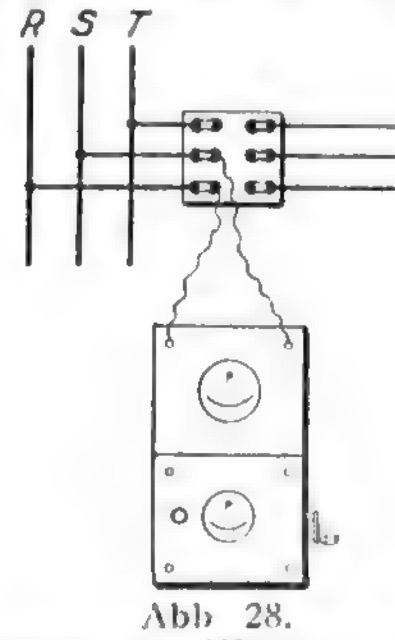


Abb 28.
Messung von Wechselstromspannungen. (Dabei wird nur das obere Instrument in Gebrauch genommen.

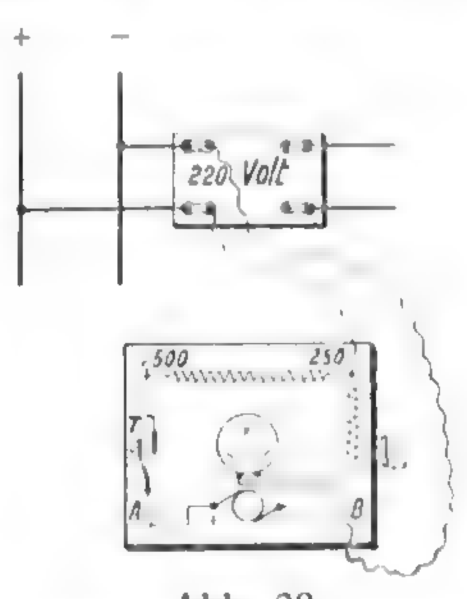


Abb. 29.
Messung von Gleichstromspannungen bis 250 Volt.

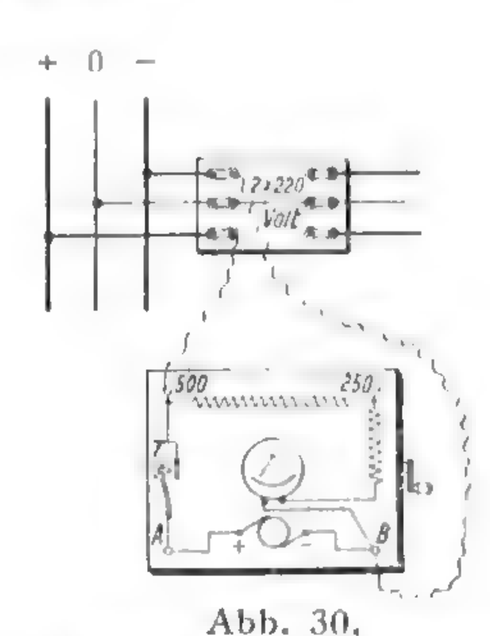


Abb. 30.
Messung von Gleichstromspannungen bis 500 Volt.

(Das obere Instrument ist in den Zeichnungen fortgelassen. Bei diesen Messungen darf die Kurbel nicht gedreht werden. Vor allem darf der Tastknopf T nicht gedrückt werden.)

Der Kurbelinduktor kann auch zum Messen des Isolationswiderstandes von Wechselstromanlagen benutzt werden, die sich im Betriebe befinden. Es können aber nur Netze geprüft werden,

deren Spannung gleich oder kleiner ist, als der Meßbereich des Apparates. Die Messung selbst geschieht so, daß nach Anschluß des Apparates entsprechend der Abb. 31 die Taste T niedergedrückt und die Kurbel so schnell und gleichmäßig gedreht wird, bis der Zeiger auf 0 Ohm steht. Dann wird die Taste losgelassen, die Kurbel aber mit gleichbleibender Geschwindigkeit weitergedreht. Das Instrument zeigt dann den Gesamt-Isolationswiderstand der Anlage in Megohm an.

Bei der Messung des Isolationswiderstandes von Gleichstromanlagen entsprechend Abb. 32 wird lediglich das Voltmeter des Kurbelinduktors benutzt. Deshalb darf der Tastknopf T nicht gedrückt und die Kurbel nicht gedreht werden. Der Isolationswiderstand der gesamten Anlage wird dann in genau derselben Weise errechnet, wie in Kapitel III 1 S. 136 erläutert worden ist.

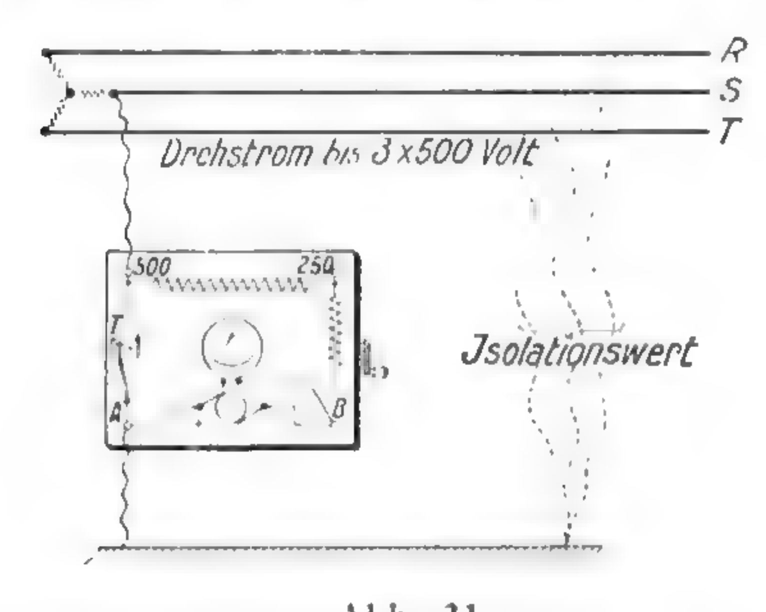


Abb. 31.
Gebrauch des Kurbelinduktors zur Messung des Isolationswiderstandes einer im Betrieb befindlichen Drehstromanlage.

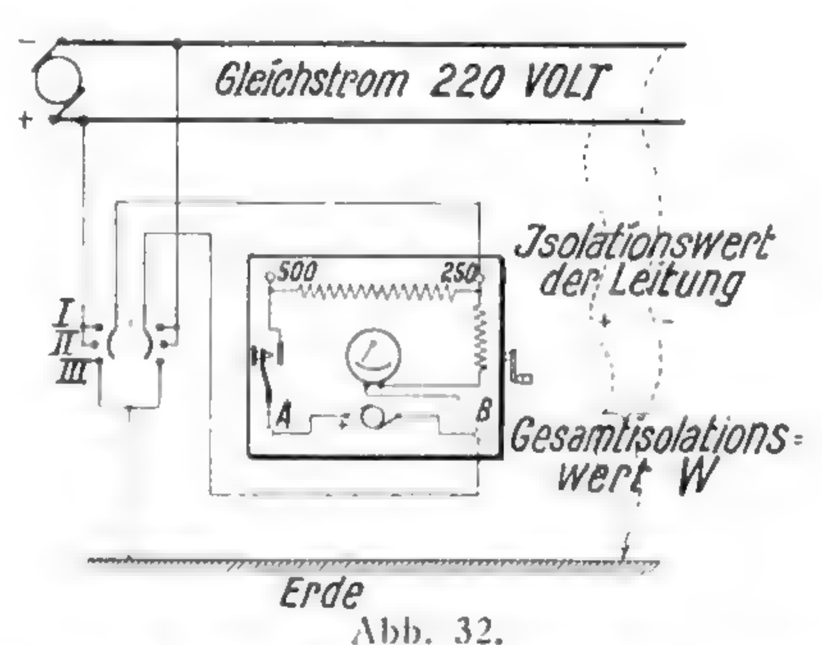


Abb. 32.
Gebrauch des Kurbelinduktors zur Messung des Isolationswiderstandes einer im Betrieb befindlichen Gleichstromanlage.

Der Gebrauch der **Kurbelinduktoren zur Messung von Isolationswiderständen an stromlosen Leitungen** ist ganz ähnlich wie der der vordem erläuterten Galvanoskope. Der Unterschied besteht lediglich darin, daß man den zur Messung erforderlichen Gleichstrom nicht einer Batterie entnimmt, die im Instrument untergebracht ist, sondern mit Hilfe einer im Instrument enthaltenen Dynamomaschine erzeugt, die mit der Hand in Bewegung gesetzt wird. Der Anschluß der Instrumente ist in den Abbildungen 33 bis 36 erläutert.

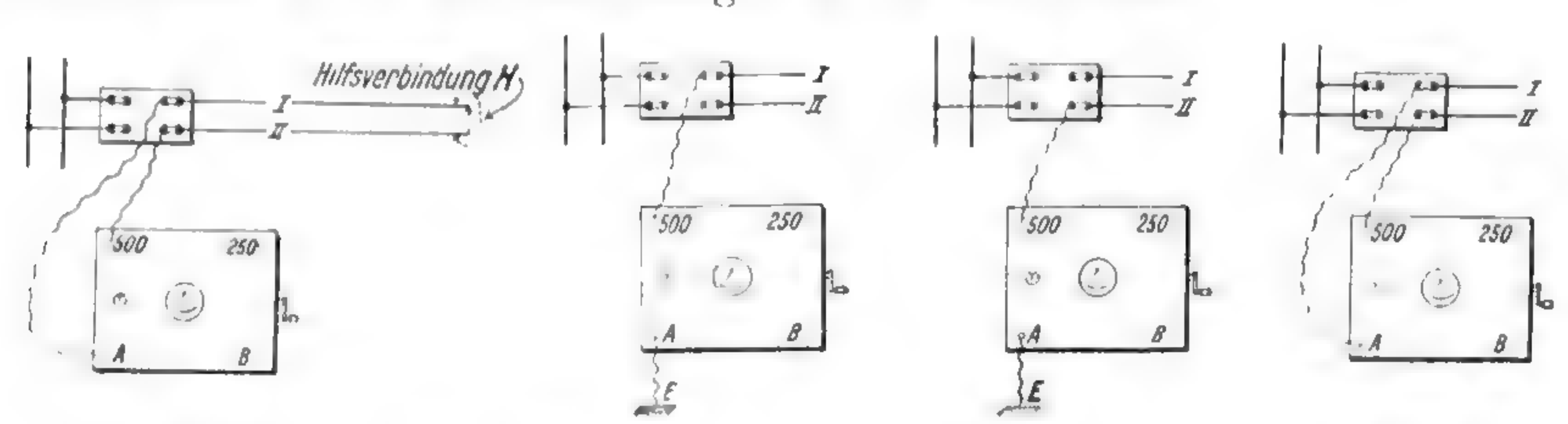


Abb. 33. Leitungsprüfung.

Abb. 34. Messung des Isolationswiderstandes der Leitung I gegen Erde.

Abb. 35. Messung des Isolationswiderstandes der Leitung II gegen Erde.

Abb. 36. Messung des Isolationswiderstandes der Leitung I gegen Leitung II.

Bei dieser Messung ist man von der Netzspannung vollständig unabhängig. Zunächst drückt man die Taste T nieder und dreht dann

die Kurbel so schnell und gleichmäßig, bis der Zeiger auf 0 Ohm steht. Dann wird der Taster losgelassen, die Kurbel aber mit gleichbleibender Geschwindigkeit weitergedreht. Das Instrument zeigt dann bei der Leitungsprüfung nach Abb. 33 weiter die volle Spannung, wenn die Vorbereitungen zur Messung richtig getroffen waren, bei der Messung nach Abb. 34, 35 und 36 aber den wirklichen Isolationswiderstand in Megohm unmittelbar an.

V. Instrumente für Fehlerortsbestimmungen.

Die Bestimmung des Ortes, an dem ein Isolationsfehler vorliegt, ist eine der wichtigsten Arbeiten bei der Herstellung und Unterhaltung elektrischer Anlagen. Diese Fehlerortsbestimmung ist deshalb so wichtig, weil nur durch sie der Fehler aufgefunden und beseitigt werden kann. Dabei ist wohl zu unterscheiden zwischen der Fehlerortsbestimmung in einer verzweigten Installation und in einer einfachen unverzweigten Leitungsstrecke, wie sie etwa ein Kabel darstellt. Während man zum Auffinden des Fehlers in einer Installation den Fehler mit Ueberlegung suchend ermittelt, kann man bei Kabeln und ähnlichen Leitungsstrecken von unverändertem Querschnitt den Ort des Fehlers durch eine einmalige Messung genau bestimmen. Wir unterscheiden deshalb zwischen dem Aufsuchen von Isolationsfehlern in Installationen und der Fehlerortsbestimmung in Kabelleitungen.

1. Aufsuchen von Isolationsfehlern in Installationen.

Um Isolationsfehler in verzweigten Installationen aufzusuchen, trennt man die einzelnen Leitungszweige stückweis von der Stammleitung ab, während man das Meßinstrument, das die Isolationsfehler anzeigt, beobachtet. In dem Augenblick, in dem die Angabe des Meßinstrumentes sich sichtbar ändert, hat man ein Leitungsstück abgetrennt, das einen erheblichen Isolationsfehler besaß. Durch weitere Unterteilung dieses Leitungsstückes und durch weitere Beobachtung des Meßinstrumentes ergibt sich schließlich der Ort, an dem der Fehler besteht. Vielfach sind Beleuchtungskörper, Schalter und Steckdosen, feuchte Räume und Wanddurchführungen ihr Sitz. Man untersuche daher zunächst diese Stellen. Scharfe Kanten, die die Isolation verletzen, zu lange Kontaktschrauben, zu weit durchgesteckte Drähte usw., die mit der Wand Berührung bekommen haben oder Feuchtigkeit, Fremdkörper und dergleichen, die dem Strom einen unbeabsichtigten Leitungsweg bieten, können ebenfalls die Ursachen der Isolationsfehler werden.

Zur Erleichterung beim Aufsuchen von Isolationsfehlern in Installationen ist jeder Schalter einmal zu betätigen, damit z. B. bei Umschaltern alle Leitungsstrecken in die Messung einbezogen werden. Bei weiterem Lokalisieren des Fehlers trennt man die Beleuchtungskörper von den Leitungen und diese an den Dosen voneinander ab. Liegen Wanddurchführungen in einer fehlerhaften Strecke, so empfiehlt es sich, soweit wie es seine Beweglichkeit zuläßt, den Draht hin- und herzuziehen. Sofern bei der Bewegung des Drahtes eine Veränderung des Ausschlages am Meßinstrument zu beobachten ist, kann mit dem Vorhandensein eines Fehlers in dieser Wanddurchführung gerechnet werden.

2. Fehlerortsbestimmung in Kabelleitungen.

Zur Bestimmung des Fehlerortes gibt es mehrere Verfahren. Einige eignen sich mehr für den Laboratoriumsgebrauch und für alle Arten von Fehlern; andere sind mehr für die ausführenden Praktiker bestimmt. Letztere lassen zwar nicht die Bestimmung aller vorkommenden Fehler zu, können aber doch in der weitaus größten Zahl der Fälle angewandt werden. Zu diesem Verfahren gehört auch die Bestimmung des Fehlerortes durch Spannungsabfall. Dieses Verfahren bedingt lediglich

1. Kenntnis der Gesamtlänge des zu untersuchenden Leitungsteils,
2. gleichen Querschnitt dieses Leitungsteils an allen Stellen der Strecke,
3. drei Leitungen, von denen eine durch die Erde ersetzt werden darf,
4. Schluß mit Erde oder Bleimantel von weniger als 5000 Ohm Widerstand.

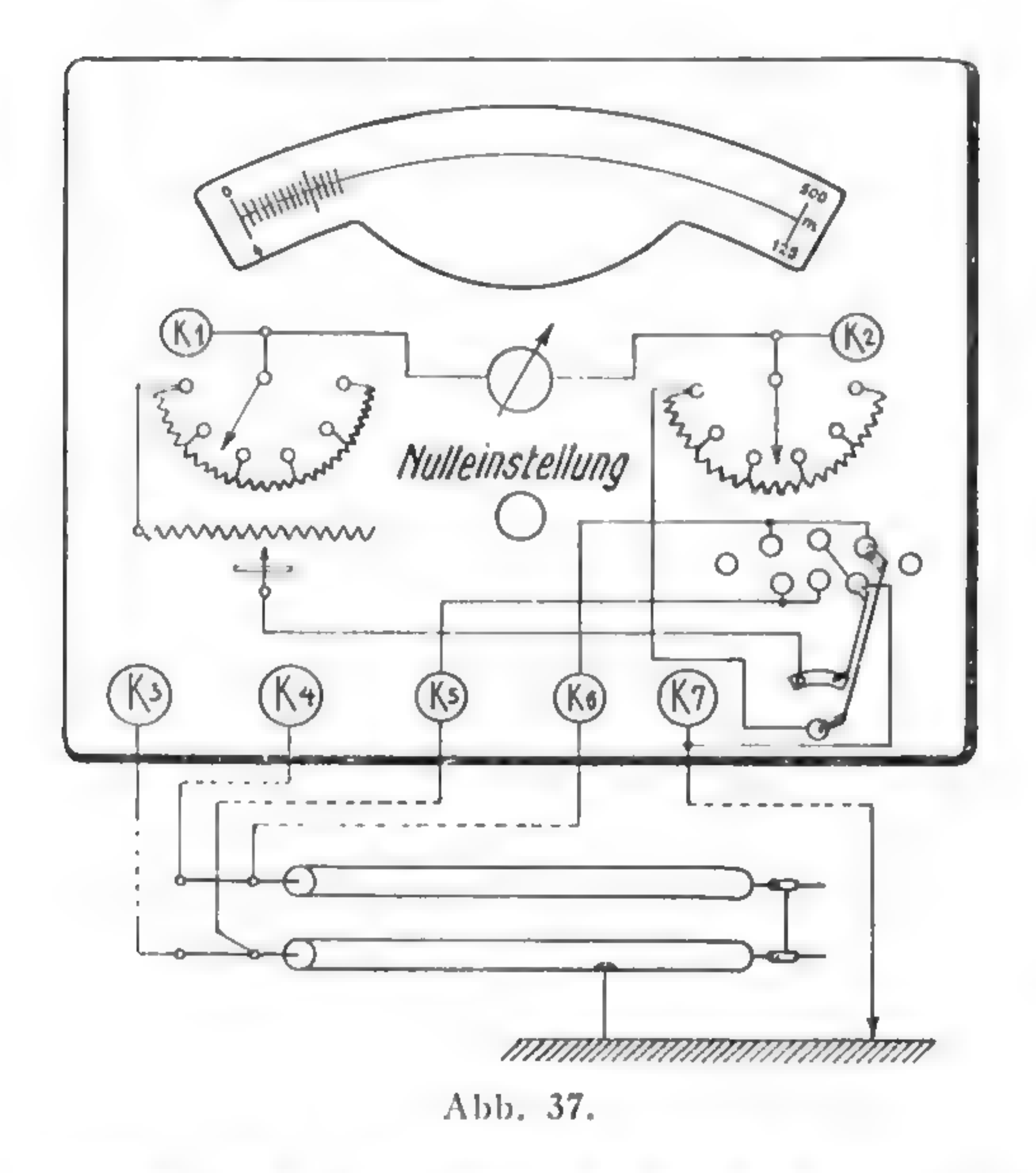


Abb. 37.

Abb. 37 zeigt die Anwendung des Apparates. Zwei starke Drähte führen über die Klemmen K 3 und K 4 den Meßstrom zu den freien Enden der zu untersuchenden Kabel. Die entfernten Enden der Kabel sind miteinander gut leitend verbunden. Zwei beliebig dünne Drähte führen von den Enden der Kabel zu den Klemmen, K 5 und K 6. Mit Klemme K 7 wird eine gute Erdverbindung hergestellt meist mit dem Bleimantel des Kabels.

Durch Druck auf K 3 wird Strom aus einer im Apparat untergebrachten Sammelzelle in das Kabel geschickt. Mit Hilfe der Regulierkurbeln wird der Zeiger des Instrumentes genau auf die Länge des zu untersuchenden Leiters eingestellt.

Ist beispielsweise das Kabel 300 m lang, so regelt man den Strom so, daß der Zeiger auf 300 steht. Nun legt man den Umschalter, der auf der Abbildung rechts sichtbar ist, auf „Erde und Kabelminus“, und sofort stellt sich der Zeiger auf diejenige Zahl ein, die der Entfernung des Fehlerorts in Metern, vom Minuskabelende aus gemessen, entspricht. Ist die Zeigereinstellung dabei beispielsweise 40, so heißt das, der Fehlerort liegt 40 m vom Minuskabelende entfernt.

Das Meßgerät ist gleichzeitig ein hochempfindliches Galvanometer zur Messung kleinster Gleichströme, ferner Amperemeter zur Bestimmung aller größeren Stromstärken in beliebiger Abstufung und auch Voltmeter für beliebige Spannungen; es dient ferner zur Bestimmung unbekannter Kabellängen in Metern.

Elektrische Lichtquellen.

Für den Gebrauch zu normalen Beleuchtungszwecken kommen von den verschiedenen Arten elektrischer Lichtquellen heute fast nur noch die Wolfram-Metalldrahtlampen in Frage. Für alle Lichtstärken über 100 Kerzen sind die gasgefüllten Metalldrahtlampen am Platze. Sie enthalten einen spiralförmig aufgewickelten Wolframdraht, der in einer mit Stickstoff oder mit Edelgasen gefüllten Glocke zu heller Weißglut gebracht wird. Für die Lichtstärken von etwa 300 Kerzen aufwärts ist ihr Verbrauch pro Kerze ungefähr halb so groß wie bei den gewöhnlichen luftleeren Metalldrahtlampen, die etwa 1 Watt pro Kerze benötigen. Aus diesem Grunde erhielten die Lampen seinerzeit den Namen „Halbwattlampen", soweit sie nicht als „Nitralampen" oder „Osram-Azo-Lampen" bezeichnet wurden. Neuerdings wird hauptsächlich die Bezeichnung „Gasfüllungslampen" hierfür gebraucht.

Die normalen Typen werden bis zu einem Verbrauch von 2000 Watt für eine Lampe hergestellt, die niedrigkerzigen Typen bis herunter zu 25 Watt bei 110 Volt, bzw. 60 Watt bei 220 Volt. Bei den niedrigkerzigen Typen ist die Lichtausbeute nicht so günstig, wie bei den hochkerzigen. Die kleinsten Typen unterscheiden sich von den luftleeren Metalldrahtlampen für gleichen Verbrauch hauptsächlich durch ihre kleinere Form, günstigere Lichtverteilung und mehr weiße Lichtfarbe.

Neben den Gasfüllungslampen sind für eine Lichtstärke bis zu 50 Kerzen die luftleeren Metalldrahtlampen mit ausgespannten Drähten bisher noch vorwiegend im Gebrauch. Sie werden bei 110 Volt bis zu 5 Kerzen, bei 220 Volt bis zu 10 Kerzen herunter hergestellt und haben die Kohlenfadenlampen so gut wie vollständig verdrängt. Selbst da, wo starke Erschütterungen ständig vorkommen, wie z. B. in Webereien und in Straßenbahnwagen, gelangen Metalldrahtlampen besonderer Herstellungsart allgemein zur Verwendung.

Gleichfalls für niedrige Lichtstärken und einen Verbrauch von 15 bis 100 Watt bei 110 Volt, bzw. 25 bis 100 Watt bei 220 Volt werden auch luftleere Metalldrahtlampen mit spiralförmig angeordnetem Draht unter dem Namen „Spiraldrahtlampen" oder „Centra-Lampen" hergestellt. Sie haben vor den gewöhnlichen luftleeren Metalldrahtlampen den Vorzug kleinerer äußerer Form und günstigerer Lichtverteilung, während sie vor den Gasfüllungslampen für gleichen Verbrauch sich durch stärkere Widerstandsfähigkeit gegenüber Erschütterungen auszeichnen. Ihre Lichtausbeute ist ungefähr ebenso hoch, wie bei den luftleeren Metalldrahtlampen für gleichen Verbrauch. Sie kommen hauptsächlich für die Verwendung in kleinen Stehlampen und in dekorativen Beleuchtungskörpern in Frage.

Alle anderen Lampenarten dienen Sonderzwecken. Glühlampen besonderer Form wie Kerzen- oder Röhrenlampen, Illuminationslampen usw. werden nur noch wenig oder nur dort verwendet, wo sie mit Rücksicht auf vorhandene Beleuchtungskörper unbedingt notwendig sind. Von Bogenlampen haben sich fast nur solche für photographische Zwecke und als Scheinwerfer erhalten können, soweit nicht auch letztere schon durch Gasfüllungslampen ersetzt werden.

Einfache Beleuchtungsberechnungen für die Projektierung von Beleuchtungsanlagen.

Bei der Projektierung von Beleuchtungsanlagen ist eine wenigstens annähernde Vorausberechnung der erforderlichen Anzahl und Stärke der anzuwendenden Lampen unerläßlich, wenn in der fertigen Anlage eine ausreichende Beleuchtung bei angemessenem Stromverbrauch erzielt werden soll. Die früher meist verbreitete Berechnung der erforderlichen Gesamt-Kerzenzahl auf Grund von Hilfstabellen über die für verschiedene Raumarten in Frage kommende Kerzenzahl pro Quadratmeter ist heute nicht mehr angebracht, zumal für einen großen Teil der jetzt gebräuchlichen Glühlampen nicht mehr die Kerzenzahl, sondern ihr Wattverbrauch normalerweise angegeben wird. Auch die bisher noch nach Kerzen bezeichneten luftleeren Metalldrahtlampen werden weiterhin nach ihrem Wattverbrauch bewertet werden.

Erheblich zuverlässiger in ihren Ergebnissen und kaum umständlicher im Gebrauch als die Kerzenmethode ist die neuerdings meist benutzte Wirkungsgradmethode zur Berechnung der Beleuchtung. Der Wirkungsgrad einer Beleuchtungsanlage ist gleich dem Verhältnis des wirklich ausgenutzten Lichtstroms zu dem aufgewandten Gesamtlichtstrom. Soll ein Raum mit der Bodenfläche F eine mittlere Beleuchtung von E Lux erhalten, so sind hierfür bei einem Wirkungsgrad der Beleuchtung von w % im ganzen z Lampen von einer mittleren sphärischen Lichtstärke J_0 erforderlich. Je nachdem die erforderliche Lampenzahl z oder die Lichtstärke einer einzelnen Lampe vorausberechnet werden soll, können hierfür folgende Formeln benutzt werden:

$$z = \frac{8 \cdot E \cdot F}{w \cdot J_0} \quad \text{oder} \quad J_0 = \frac{8 \cdot E \cdot F}{w \cdot z}.$$

Die für verschiedene Arten von Innenräumen sowie für Straßen und Plätze angemessene mittlere Beleuchtung E geht aus der schaubildlichen Darstellung auf der nächsten Seite hervor. Zum Vergleich mit der früher benutzten Kerzenmethode sei als Anhaltspunkt angegeben, daß die mittlere Beleuchtung ungefähr vier- bis fünfmal so groß ist als die erforderliche Kerzenzahl für 1 qm Bodenfläche.

Der Wirkungsgrad einer Beleuchtungsanlage hängt in Innenräumen in hohem Maße von der Beschaffenheit der Wände und Decken ab; er ist um so größer, je heller diese gehalten sind. Anhaltspunkte für die Größe des Wirkungsgrads geben die Tabellen 1–3 (entnommen aus dem Buche „Lichttechnik", herausgegeben von Dr. L. Bloch, München und Berlin 1921). Sie gelten sowohl für direkte Beleuchtung, bei der die Lampen ihr Licht unmittelbar nach unten aussenden, wie auch für die heute vielfach angewandte halb indirekte Beleuchtung, bei der ein großer Teil des Lichts erst nach der hell gehaltenen Decke gelangt und von dieser reflektiert wird. Der Wirkungsgrad ist bei dieser Beleuchtungsart nicht wesentlich ungünstiger als bei direkter Beleuchtung. Niedriger fällt er dagegen bei der heute nur noch weniger gebräuchlichen ganz indirekten Beleuchtung aus, bei der das Licht ausschließlich nach der Decke ausgestrahlt und von hier reflektiert wird. Die hierfür maßgebenden Werte sind in der Tabelle 2 angeführt.

Angaben für die Bemessung der Beleuchtung.

5 6 8 10 15 20 25 30 35 40 50 60 80 100 Lux

Räume (von links nach rechts nach der Lux-Skala)	Gebäudeart
Eingang Korridore Nebenräume · Schlafzimmer · Vorhalle Treppen Küche · Wohnzimmer Speisezimmer · Salons	**Wohnhäuser**
Lagerräume Korridore Nebenräume · Einfache kaufmännische Büros · Rechen- und Schreibbüros Sitzungssäle Konferenzzimmer · Verkaufsräume mit einfacher · reichl. Bel. · Zeichenbüros	**Geschäftsräume und Verwaltungsgebäude**
Korridore Nebenräume · Werkstatt für einfache Arbeiten Gießerei und Schmiede Tischlerei Spinnerei · Werkstatt für feine Arbeiten Maschinen-Fabriken Formerei Weberei · Feinmechanik Druckerei · Werkstatt für Lithographen · Graveure Setzerei	**Fabriken**
Korridore Nebenräume · Einfache Fremdenzimmer · Küchen u. Büros · Elegante Fremdenzimmer · Gesellschafts- u. Restaurationsräume · Festsäle und Konzertsäle mit einfacher · reichl. Beleuchtung	**Hotels und Restaurants**
Korridore Nebenräume · Turnhallen · Schulzimmer Hörsäle Lehrerzimmer · Zeichensäle	**Schulen**
Korridore Nebenräume · Schlafsäle · Waschküchen · Speisesäle Aufenthaltsräume · Kochküchen · Operationssäle	**Krankenanstalten**

5 6 8 10 15 20 25 30 35 40 50 60 80 100 Lux

0,5 0,6 0,8 1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 5,0 6,0 8,0 10 Lux

Straßenart (von links nach rechts nach der Lux-Skala)	
Nebenstraßen mit schwachem Verkehr · Straßen mit mittlerem Verkehr · Hauptstraßen mit starkem Verkehr	**Straßen und Plätze**

0,5 0,6 0,8 1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 5,0 6,0 8,0 10 Lux

Von der Aufhängehöhe der Lampen im Raume ist der Wirkungsgrad bei hellen Decken und Wänden nicht in erheblichem Maße abhängig. Der Einfluß vergrößerter Aufhängehöhe wird in diesem Falle durch die vermehrte Wand- und Deckenreflexion zum größten Teil ausgeglichen. Bei mittelhellen oder dunkelen Wänden und Decken ist der Wirkungsgrad mit einem Wert in Rechnung zu setzen, der innerhalb der in den Tabellen angegebenen Grenzen liegt, aber um so größer ist, je niedriger die Lampe aufgehängt wird. In Wohnräumen wählt man die Aufhängehöhe der festen Beleuchtungskörper etwa $2^1/_4$ bis $2^1/_2$ m über dem Fußboden, in Restaurations- und Geschäftsräumen bis zu etwa 3 m.

Bei der Beleuchtung von Straßen und Plätzen und anderen Außenräumen hängt die Wirkung der Beleuchtung hauptsächlich von der Art der Lichtausstrahlung der angewandten Lampen und des Reflektors ab. Je nachdem die größte Lichtstärke unmittelbar nach unten, mehr seitlich oder horizontal und nach oben ausgestrahlt wird, unterscheidet man zwischen tiefstrahlenden und hochstrahlenden Armaturen. Die für sie geltenden Wirkungsgrade der Beleuchtung sind aus Tabelle 3 zu entnehmen. Der Wirkungsgrad ist hier außerdem von dem Verhältnis zwischen Straßenbreite und Aufhängehöhe abhängig, wodurch der Einfluß verschiedener Aufhängehöhe berücksichtigt wird. Die Aufhängehöhe der Lampen für Straßenbeleuchtung hängt hauptsächlich von der Lichtstärke der Lampen ab. Starke Lampen wird man auch entsprechend höher aufhängen. Einen Anhaltspunkt hierfür gibt die Formel:

$$h = 3{,}5 + \frac{\sqrt{J}}{10}\,.$$

Sie gestattet die angemessene Aufhängehöhe h in m für 1 Lampe von J Kerzen auszurechnen.

In vielen Fällen kann man für annähernde Beleuchtungsberechnungen mit einem Wirkungsgrad von 40 % ungefähr richtige Durchschnittswerte erhalten. Zur Erleichterung dienen in diesem Falle die aus dem oben angeführten Buche entnommenen beiden Tabellen 4 und 5. Die erste gilt für gasgefüllte Metalldrahtlampen von 60 bis 2000 Watt, die zweite für luftleere Metalldrahtlampen von 5 bis 100 Kerzen. Sie geben die Bodenfläche für je eine Lampe bei einer mittleren Beleuchtung von 2 bis 100 Lux an. Ist die vorzusehende mittlere Beleuchtung kleiner als 2 Lux, so sucht man die für den 10- oder 100fachen Wert der Beleuchtung sich ergebende Größe der Bodenfläche und multipliziert diese mit 10 oder 100. Die in den Tabellen eingeklammerten Werte der Bodenfläche kommen für praktische Verwendung nicht in Frage. Auf der linken Seite der Tabelle befindet sich jeweils die Lichtstärke und der Verbrauch der in Frage kommenden normalen Typen von gasgefüllten und luftleeren Metalldrahtlampen für 110 und 220 Volt angegeben. Die Tabelle 4 ist für die Verwendung von Lampen für 220 Volt aufgestellt. Kommt eine Betriebsspannung von 110 Volt in Frage, sind die in der Tabelle entnommenen Werte im Verhältnis der Lichtstärken umzurechnen, die in den beiden ersten Spalten auf der linken Seite angegeben sind. Die Tabelle 5 für luftleere Metalldrahtlampen gilt für beliebige Betriebsspannung.

Ist die zu berechnende Beleuchtungsanlage so beschaffen, daß der Wirkungsgrad von dem Durchschnittswert von 40 % erheblich abweicht, können die beiden Tabellen doch benutzt und die daraus entnommenen Werte im Verhältnis der Wirkungsgrade umgerechnet werden.

Angaben für den Wirkungsgrad der Beleuchtung.

Tabelle 1.

Wirkungsgrad für direkte und halbindirekte Beleuchtung von Innenräumen.

		Zustand der Decke		
		Hell %	Mittel %	Dunkel %
Zustand der Wände	Hell	(55—45) **50**	(50—40) **45**	(45—35) **40**
	Mittel	(50—40) **45**	(45—35) **40**	(40—30) **35**
	Dunkel	(45—35) **40**	(40—30) **35**	(35—20) **30**

Tabelle 2.

Wirkungsgrad für indirekte Beleuchtung von Innenräumen.

		Zustand der Decke		
		Hell %	Mittel %	Dunkel %
Zustand der Wände	Hell	(40—30) **35**	(30—20) **25**	(20—10) **15**
	Mittel	(35—25) **30**	(25—15) **20**	(15—5) **10**
	Dunkel	(30—20) **25**	(20—10) **15**	(10—0) **5**

Tabelle 3.

Wirkungsgrad für Straßenbeleuchtung.

		Art der Lichtverteilung		
		Tiefstrahlend %	Breitstrahlend %	Hochstrahlend %
$\frac{\text{Straßenbreite}}{\text{Aufhängehöhe}}$	Über 6	(55—45) **50**	(50—40) **45**	(45—35) **40**
	Von 3 bis 6	(50—40) **45**	(45—35) **40**	(40—30) **35**
	Unter 3	(45—35) **40**	(40—30) **35**	(35—20) **30**

Zwei Beispiele sollen die Anwendung der Tabellen erläutern:

1. Ein für eine Schlosserei benutzter Fabrikraum von 1000 qm Bodenfläche soll mit Gasfüllungslampen für 300 Watt 220 Volt beleuchtet werden. Aus der Zusammenstellung auf Seite 147 wird als erforderliche Beleuchtung für Maschinenfabriken 30 Lux entnommen. Aus Tabelle 4 ergibt sich unter dieser Annahme eine Bodenfläche von 66 qm für eine Lampe von 300 Watt. Es sind demnach im ganzen $^{1000}/_{66} = 15$ Lampen zur Beleuchtung des Raumes erforderlich.

Würde im vorliegenden Falle die Beleuchtung mit Wiskottreflektoren ausgeführt werden, die eine besonders gute Ausnützung des Lichts erzielen lassen, so könnte man einen Wirkungsrad von ca. 60 % erreichen. Die Bodenfläche für eine Lampe wäre dann $66 \cdot \frac{60}{40} = 99$ und man käme mit $^{1000}/_{99} = 10$ Lampen für die Beleuchtung des Raumes aus.

2. Eine Nebenstraße von 12 m Breite soll mit luftleeren Metalldrahtlampen für 50 Hk eine mittlere Beleuchtung von 1 Lux erhalten. Der erforderliche Lampenabstand ist zu ermitteln. Aus der Tabelle 5 ergibt sich für 10 Lux eine Bodenfläche von 20 qm für eine 50-kerzige Lampe, für 1 Lux also 200 qm. Hiernach entfällt auf $^{200}/_{12} = 16{,}5$ m Straßenlänge eine Lampe und man wird die Laternen zu beiden Seiten der Straße in je 33 m Abstand, in der Straßenrichtung gemessen, gegeneinander versetzt anbringen.

Die Wirkungsgradmethode sowie auch die genaueren Verfahren zur Vorausberechnung der Beleuchtung gehen auf die Ermittlung der mittleren Horizontalbeleuchtung der Raum- oder Straßenfläche hinaus. Daneben interessiert die Kenntnis der maximalen und der minimalen Horizontalbeleuchtung, wenn man ein genaues Bild von dem Charakter einer Beleuchtungsanlage erhalten will. Die Berechnung dieser Größen erfolgt mit Benutzung der Formel:

$$E_{hor} = \frac{J \cdot h}{\sqrt{a^2 + h^2}^{\,3}}$$

Diese Formel gestattet die Beleuchtung E_{hor} einer horizontalen Fläche an beliebiger Stelle zu berechnen, soweit sie von einer Lampe allein herrührt, wenn die Lichtstärke J der Lampe in der entsprechenden Ausstrahlungsrichtung, die Aufhängehöhe h und der Abstand a des in Betracht gezogenen Punktes vom Lampenfußpunkt in Metern angegeben sind. Die Lichtstärke J wird aus der Lichtverteilungskurve der benutzten Lampe entnommen. Die Berechnung von E_{hor} wird durch Benutzung einer Tabelle etwa in der Art von Tabelle 6 erleichtert, die für eine Lichtstärke J von einer Kerze und Aufhängehöhen sowie Abstände von 1 bis 10 m aufgestellt ist. Wirken mehrere an verschiedenen Stellen aufgehängte Lampen zur Beleuchtung derselben Stelle zusammen, so sind die Horizontalbeleuchtungen für die verschiedenen Lampen unter Benutzung der entsprechenden Lichtstärken, Aufhängehöhen und Lampenabstände zu berechnen und zu addieren, um die tatsächliche Horizontalbeleuchtung der betreffenden Stelle zu erhalten. Das Verhältnis der maximalen zur minimalen Beleuchtung eines Raumes oder einer Straßenfläche wird als Ungleichmäßigkeit der Beleuchtung bezeichnet.

Angaben zur angenäherten Beleuchtungsberechnung.

(für 40 % Wirkungsgrad)

Tabelle 4.

Bodenfläche für eine **gasgefüllte Metalldrahtlampe.**

Lichtstärke bei 110 Volt HK₀	Lichtstärke bei 220 Volt HK₀	Verbrauch für eine Lampe Watt	Bodenfläche in qm bei einer mittleren Beleuchtung von Lux: 2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
62	45	**60**	112	45	22	15	11	9	7,5	5,5	4.5	3,7	3,2	2,8	2.5	2.2
82	68	**75**	170	68	34	22	17	13.5	11	8.5	6,8	5,5	4.8	4,2	3,8	3,0
120	100	**100**	250	100	50	33	25	20	16,5	12.5	10	8,5	7,1	6,3	5,6	5,0
200	170	**150**	425	170	85	56	42	34	28	21	17	14	12	10,5	9,5	8,5
275	250	**200**	625	250	125	83	62	50	41	31	25	21	18	16,5	14	12,5
450	400	**300**	1000	400	200	133	100	80	66	50	40	33	29	25	22	20
800	750	**500**	1870	750	375	250	187	150	125	93	75	62	54	47	42	37
1200	1150	**750**	(2870)	1150	575	383	287	230	192	143	115	96	82	72	64	57
1650	1550	**1000**	(3870)	1550	775	515	387	310	258	194	155	129	111	97	86	77
2600	2400	**1500**	(6000)	(2400)	1200	800	600	480	400	300	240	200	170	150	133	120
3200	3200	**2000**	(8000)	(3200)	1600	1065	800	640	530	400	320	266	228	200	175	160

Tabelle 5.

Bodenfläche für eine **luftleere Metalldrahtlampe.**

Verbrauch für eine Lampe bei 110 Volt Watt	Verbrauch für eine Lampe bei 220 Volt Watt	Lichtstärke HK hor.	Bodenfläche in qm bei einer mittleren Beleuchtung von Lux: 2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
7	—	**5**	10	4,0	2,0	1.3	1,0	(0,8)	(0.66)	(0.5)	(0,4)	(0.33)	(0.28)	(0.25)	(0.22)	(0.2)
13	14	**10**	20	8,0	4,0	2,6	2.0	1.6	1.3	1.0	(0,8)	(0,66)	(0,57)	(0,5)	(0,45)	(0,4)
18	21	**16**	32	12.5	6,4	4.2	3,2	2.6	2,1	1.6	1,25	1.05	0,92	(0.8)	(0.7)	(0,64)
25	30	**25**	50	20	10	6,6	5,0	4,0	3.3	2,5	2,0	1,65	1,45	1.25	1.1	1.0
32	35	**32**	64	25	12,5	8,5	6,4	5.1	4.2	3.2	2.5	2,1	1.8	1,6	1,4	1.25
50	55	**50**	100	40	20	13	10	8,0	6.6	5,0	4.0	3,3	2.8	2.5	2,2	2,0
100	105	**100**	200	80	40	26	20	16	13	10	8,0	6,6	5.7	5,0	4,5	4,0

Tabelle 6.

Beleuchtung in Lux

bei verschiedenen Höhen und horizontalen Abständen, bezogen auf 1 Hefnerkerze.

Aufhängehöhe (h) in m	Horizontaler Abstand vom Lampenfußpunkt (a) in m									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,356	0,09	0,0316	0,0142	0,0076	0,0045	0,0029	0,0020	0,0013	0,0009
2	0,1785	0,0855	0,0427	0,0223	0,0128	0,009	0,0052	0,0035	0,0025	0,0018
3	0,0945	0,0645	0,0391	0,0241	0,0152	0,0096	0,0068	0,0047	0,0035	0,0026
4	0,0571	0,0445	0,0320	0,0220	0,0151	0,0109	0,0069	0,0056	0,0041	0,0032
5	0,0378	0,0321	0,0254	0,0189	0,014	0,0105	0,0078	0,0059	0,0046	0,0036
6	0,0269	0,0238	0,0191	0,0164	0,0125	0,0098	0,0076	0,0060	0,0048	0,0038
7	0,0198	0,0181	0,0187	0,0119	0,0109	0,0089	0,0072	0,0058	0,0047	0,0037
8	0,0151	0,0141	0,0126	0,0110	0,0095	0,0080	0,0066	0,0056	0,0045	0,0037
9	0,0119	0,0112	0,0104	0,0090	0,0082	0,0073	0,0061	0,0050	0,0044	0,0036
10	0,0098	0,0094	0,0089	0,0081	0,0071	0,0063	0,0054	0,0048	0,0041	0,0035

Tabelle 7.

Zulässige Zahl von **Gasfüllungs-Lampen** in einem Stromkreis.

Spannung	Stromverbrauch	Stromstärke	Zulässige Lampenzahl pro Stromkreis		
			6 Amp. Sich.	10 Amp. Sich.	15 Amp. Sich.
Volt	Watt	Ampere	Norm. Ed. Fassg.	Goliath-Fassung	
			Leitungsquerschnitt mindestens 1 qmm Kupfer	Leitungsquerschnitt mindestens 1,5 qmm Kupfer	Leitungsquerschnitt mindestens 2,5 qmm Kupfer
110	**25**	0,23	26	—	—
	40	0,36	16	—	—
	60	0,54	11	—	—
	75	0,68	8	—	—
	100	0,91	6	—	—
	150	1,36	4	7	11
	200	1,82	3	5	8
	300	2,72	2	3	5
	500	4,55	1	2	3
	750	6,80	—	1	2
	1000	9,1	—	1	1
	1500	13,6	—	—	1
			Leitungsquerschnitt mindestens 1 qmm Kupfer	Leitungsquerschnitt mindestens 1,5 qmm Kupfer	Leitungsquerschnitt mindestens 2,5 qmm Kupfer
220	**60**	0,27	22	—	
	75	0,34	17	—	
	100	0,46	13	—	—
	150	0,68	8	14	22
	200	0,91	6	11	16
	300	1,36	4	7	11
	500	2,26	2	4	6
	750	3,41	1	2	4
	1000	4,55	1	2	3
	1500	6,80	—	1	2
	2000	9,10	—	1	1

Wiskott-Spiegel-Reflektoren.

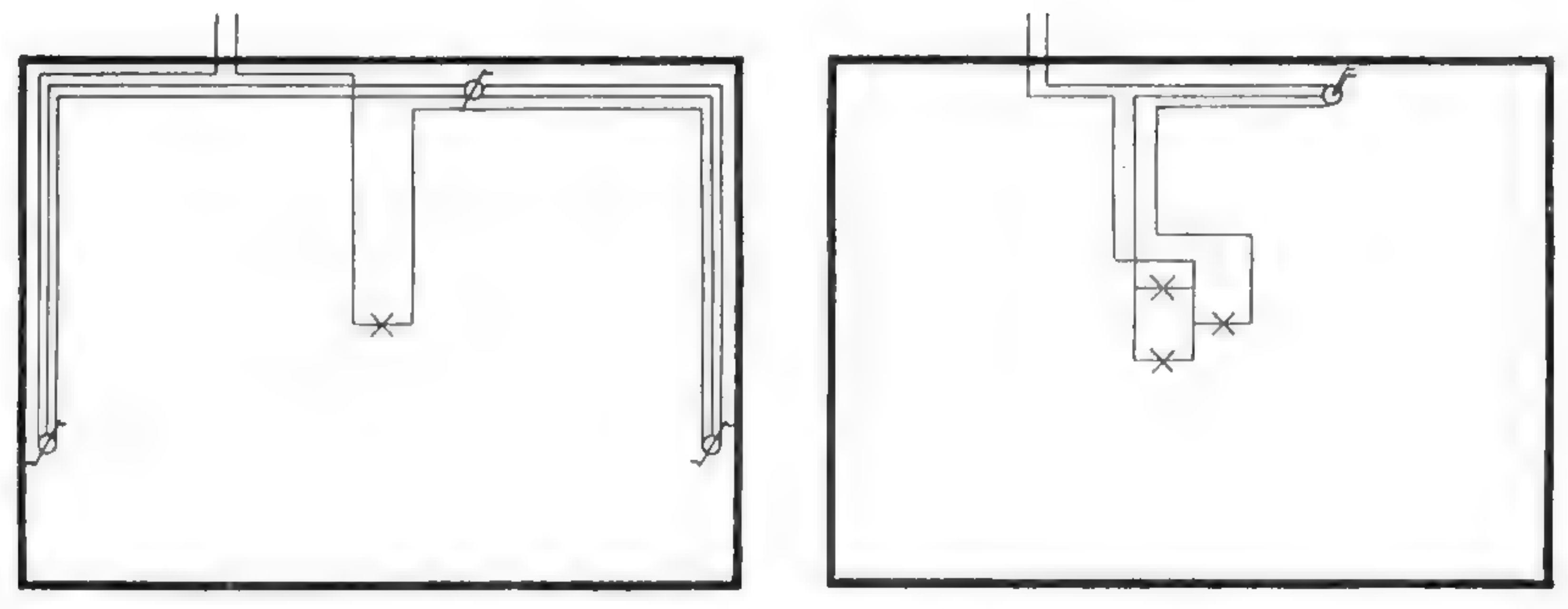
Im Gegensatz zu den sonst gebräuchlichen Emaille- und Milchglas-Reflektoren besteht die reflektierende Oberfläche der Wiskott-Spiegel-Reflektoren aus einer hochglänzenden polierten Silberschicht, die auf einer hitzebeständigen und schwer zerbrechlichen Masse aufgetragen ist. Durch einen Lacküberzug ist die spiegelnde Metallfläche gegen die schädlichen Einwirkungen von feuchter und verunreinigter Luft geschützt. Die Formen der Wiskott-Spiegel-Reflektoren sind so ausgebildet, daß die gewünschte Art der Lichtverteilung möglichst vollkommen und mit tunlichst geringem Verlust erreicht wird; die Reflektionsverluste betragen nur etwa 10—15 Prozent.

Unter den verschiedenen Arten der bisher ausgebildeten Wiskott-Reflektoren kommen für Zwecke der Raum- und Außenbeleuchtung hauptsächlich zwei Typen in Frage. Die Type HC bezweckt starke Konzentration des Lichts und intensive Beleuchtung der unmittelbar unter dem Reflektor gelegenen Flächen. Sie eignet sich deshalb unter anderem besonders für Schaufensterbeleuchtung. Dagegen gestattet die Type E eine innerhalb weiter Grenzen durch einfache Verschiebung der Lampe veränderbare Lichtverteilung zu erzielen. Nimmt die Lampe innerhalb des Reflektors ihre höchste Stellung ein, so wird eine starke Konzentration des Lichts ähnlich wie bei der zuvor erwähnten Type HC erreicht. Hierbei ist die größte Lichtstärke unmittelbar unter dem Reflektor etwa 10 bis 20 mal so hoch, wie die Lichtstärke der nackten Lampe ohne Reflektor, während die Lichtstärke in seitlicher Richtung rasch abnimmt. Wird die Lampe einige Zentimeter tiefer innerhalb des Reflektors eingestellt, so erzielt man eine mehr seitlich gerichtete Lichtausstrahlung, wobei das Maximum unter einem Winkel von etwa 30—40° gegenüber der Vertikalrichtung liegt und auch noch etwa 7 bis 5 mal so groß wie bei der nackten Lampe ist. Wird schließlich die Lampe so tief eingestellt, daß ihr Leuchtkörper nur wenig über dem Reflektorrand steht, erhält man eine ausgesprochen breitstrahlende Wirkung mit einem Maximum der Lichtstärke bei etwa 70° in über 3 facher Stärke gegenüber der nackten Lampe. Für den Gebrauch in Wiskott-Spiegel-Reflektoren kommen nur gasgefüllte Metalldrahtlampen in Frage, da die Wirkung auf Anwendung möglichst konzentrierter Leuchtkörper beruht. Die Reflektoren werden in Armaturen eingebaut, die für die Zwecke der Außenbeleuchtung mit einer Ueberglocke aus Klarglas oder Opalglas versehen werden. Durch die gute Ausnützung des Lichts wird bei Verwendung von Wiskott-Reflektoren eine erhebliche Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Beleuchtungsanlagen erzielt.



Wiskott-Spiegel-Reflektor, Type HC ohne Armatur.

Wiskott-Spiegel-Reflektor, Type E in Außenarmatur.



Räumliche (oben) und schematische Darstellung (unten)
der Schaltung einer Lampe von 3 Stellen aus — der Schaltung von 2 Lampengruppen

+ −

durch Wechsel- Kreuz- Wechselschalter — durch Gruppenschalter

Druck-
knöpfe

Räumliche (oben) und schematische Darstellung (unten) der Schaltung einer Lampe von zwei Stellen aus

Selbsttätiger Schalt-Apparat

Abend Nacht Tag

+ −

durch Wechselschalter

Schaltung einer selbsttätigen Treppenbeleuchtung mit Druckknopfbetätigung.

Motoren.

Drehmoment.

Die Leistung des Motors äußert sich am Umfang der Riemenscheibe oder bei Kupplungen am Angriffspunkt der Kupplungsstelle als Zugkraft. Die Größe dieser Zugkraft ist je nach Leistung, Drehzahl und Durchmesser der Riemenscheibe bzw. der Kupplung verschieden, aber das Produkt aus Zugkraft und Halbmesser hat für jede Maschine einen bestimmten Wert; es wird Dreh-Moment genannt und ist in Abb. 1 bildlich dargestellt. P wird in Kilogramm gemessen, R in Meter. Dann ist: das Dreh-Moment M = P × R Meterkilogramm.

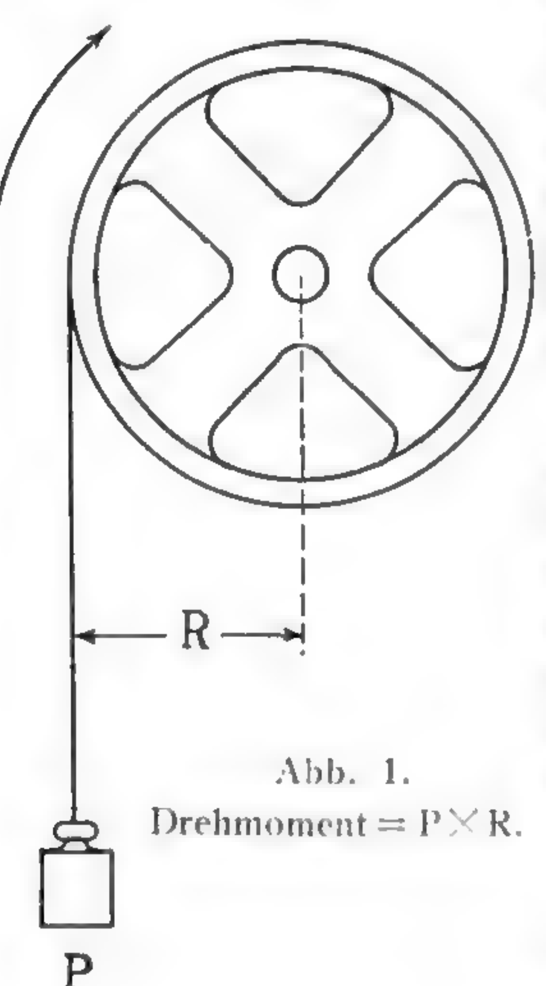


Abb. 1. Drehmoment = P × R.

Man unterscheidet das normale Drehmoment, das der Motor ausübt, wenn er normal belastet ist, das maximale Drehmoment, das der Motor bei Ueberlastung in Betrieb höchstens auszuüben vermag, und das Anzugs-Drehmoment, das der Motor beim Anlauf auszuüben in der Lage ist. Das normale Drehmoment errechnet sich nach der Formel:

$$M = 716 \times \frac{N}{n}.$$

Darin bedeutet N die Normale Leistung des Motors in PS, n die Umlaufzahl des Motors bei dieser Leistung.

Normale Drehmomente der Motoren.

Bei einer Umlaufzahl pro Minute von	Bei einer normalen Leistung von									
	1 PS	2 PS	3 PS	4 PS	5 PS	6 PS	7 PS	8 PS	9 PS	10 PS
	mkg	mkg	mkg	mkg	mkg	mkg	mkg	mkg	mkg	mkg
700	1,00	2,0	3,0	4.1	5.1	6.1	7.1	8,2	9.2	10.2
800	0.90	1.8	2,7	3.6	4.5	5,4	6,3	7,2	8,1	9,0
900	0,80	1,6	2,4	3,2	4.0	4,8	5,6	6.4	7,2	8.0
1000	0,70	1,4	2,2	2,9	3.6	4.3	5.0	5,8	6.5	7.2
1200	0,60	1.2	1.8	2.4	3,0	3,6	4,2	4.8	5,4	6,0
1400	0.50	1.0	1.5	2.0	2,6	3,1	3.6	4,1	4,6	5,1
1600	0.45	0.9	1,4	1.8	2,3	2.7	3,1	3,6	4,1	4.5
1800	0,40	0.8	1.2	1,6	2.0	2,4	2,8	3.2	3,6	4,0
2000	0,35	0,7	1,1	1,4	1,8	2,2	2,5	2,9	3,1	3,6
2500	0,30	0,6	0,9	1,2	1,5	1,7	2,0	2.3	2,6	2.9

Das maximale Drehmoment und das Anzugsdrehmoment werden gewöhnlich in Prozenten des normalen Drehmomentes angegeben. Angaben für die verschiedenen Motortypen enthalten die Preislisten.

Das erforderliche Anzugsmoment des Motors, also das Drehmoment, das der Motor ausüben muß, um die von ihm betriebene Einrichtung in Bewegung zu setzen, ist in der Praxis teils geringer als das normale (Anlauf ohne Belastung, z. B. mit Fest- und Losscheibe), teils gleich dem normalen (Anlauf mit geringer Last, z. B. Transmissionsbetrieb), teils größer als das normale (Anlauf mit voller Last, z. B. Einzelantrieb von Werkzeugmaschinen).

Anlaufstrom.

Die Stromaufnahme eines Motors, der mittels Anlasser angelassen wird, entspricht in ihrer Höhe ungefähr dem zum Anlauf erforderlichen Drehmoment.

Beim Anlauf ohne Belastung ist die Stromaufnahme etwa der im normalen Betriebe gleich.

Beim Anlauf mit geringer Last ist die Stromaufnahme etwa das 1,3-fache der normalen Stromaufnahme.

Beim Anlauf mit voller Last wird etwa die 2-fache der normalen Stromaufnahme nötig sein.

Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufer haben höheren Anlaufstrom, auch wenn Anlaßwiderstände in Anwendung kommen.

Die Stromaufnahme hängt aber wesentlich von der Wahl des Anlassers und von der Zeit ab, die man dem Motor zum Anlaufen läßt. Kleine Motoren etwa bis 1 kW können in 5 Sek. angelassen werden. Größere Motoren brauchen längere Zeit. Bei Motoren von etwa 100 kW ist 30 Sek. Anlaufzeit erforderlich. Sind große Massen in Bewegung zu setzen, z. B. bei Schleifsteinen und bei Zentrifugen, so muß die Anlaufszeit noch weiter verlängert werden. Je schneller angelassen wird, je größer ist die Stromaufnahme. Daher müssen die Anlasser den Anlaufverhältnissen angepaßt sein und vorsichtig bedient werden. Angaben darüber enthält die Preisliste.

Kleine Gleichstrommotoren und Drehstrommotoren mit Kurzschlußanker, die ohne Verwendung eines Anlassers mittels Schalter unmittelbar eingeschaltet werden, haben beim Einschalten eine größere Stromaufnahme, die das 5- bis 7-fache des Normalstromes ausmachen kann. Die Stromaufnahme läßt sich bei Drehstrommotoren durch Anwendung eines Sterndreieckschalters auf etwa das 2- bis $2^1/_2$-fache des Normalstromes herabmindern. Die Dauer des Stromstoßes hängt von der Belastung ab, unter der der Motor anzulaufen hat. Aus diesem Grunde läßt man Kurzschlußankermotoren meist ohne oder unter geringer Belastung anlaufen. Bei Anwendung der Sterndreieckschaltung muß der Motor unter geringer Last eingeschaltet werden, weil er bei dieser Schaltung im Anlauf nur $^1/_2$ bis $^3/_4$ des normalen Drehmoments entwickeln kann.

Umlaufzahl.

Bei Gleichstrommotoren hängt die Umlaufzahl von der Konstruktion und von der Spannung ab. Mit steigender Spannung steigt auch die Umlaufzahl; sie kann auch bei gleichbleibender Spannung durch

Anwendung von Regulierwiderständen gesteigert werden. Bei Gleichstrom kann daher fast jede beliebige Umlaufzahl erreicht werden, sofern sie nicht durch die Bauart des Motors beschränkt ist.

Die Umlaufzahl von Drehstrommotoren ist dagegen ganz bestimmt abgestuft. Sie ist durch die Konstruktion und die angewendete Periodenzahl (Frequenz) fest bestimmt und kann nur bei Anwendung besonders gearteter Motoren in ähnlicher Weise wie bei Gleichstrom reguliert werden. Normale Drehstrommotoren haben bei der zurzeit üblichen Periodenzahl von 50 in der Sekunde unabhängig von der Größe und den Spannungen bei Leerlauf eine Umlaufzahl von 3000, 1500, 1000, 750, 600, 500 usw. Bei voller Belastung ist die Umlaufzahl geringer. Sie beträgt etwa 2850, 1420, 960, 720, 560, 470 usw.

Ueberlastung.

Maßgebend für die Leistungsfähigkeit des Motors ist die Temperatur, die er während des Betriebes annimmt.

Normale Motoren sind für Dauerbetrieb bemessen, d. h. sie vermögen die Leistung, für die sie bestimmt sind, eine beliebig lange Zeit abzugeben, ohne daß die Temperatur im Innern der Maschine das zulässige Maß überschreitet.

Motoren können aber auch für kurzzeitigen oder aussetzenden Betrieb bemessen werden. Sie vermögen dann eine größere Leistung abzugeben als im Dauerbetrieb, jedoch nur während der auf dem Leistungsschild angegebenen Zeit, z. B. 30 Min., 60 Min. usw. Innerhalb dieser Zeit wird die Temperatur im Innern der Maschine das zulässige Maß nicht überschreiten. Es ist nicht angängig, derartige Maschinen über die auf dem Leistungsschild angegebene Gebrauchsdauer hinaus zu beanspruchen, auch nicht mit geringerer Belastung.

Während des normalen Betriebes können die Motoren auch Ueberlastungen erfahren. Diese dürfen höchstens betragen:

40% der normalen Leistung, wenn die Ueberlastung nicht länger andauert als 3 Minuten.

25% der normalen Leistung, wenn die Ueberlastung nicht länger andauert als eine halbe Stunde.

Dabei wird die Einschränkung gemacht, daß eine Ueberlastung nur bei solchem Temperaturzustande der Maschine vorgenommen werden darf, daß die höchstzulässigen Temperaturen dadurch nicht überschritten werden. Die Temperaturzunahme von Maschinen wird bei normaler Belastung gemessen, und zwar bei Dauerbetrieb, wenn die Temperatur einen annähernd gleich bleibenden Höchstwert erreicht hat, jedoch spätestens nach zehnstündigem Betrieb, und bei kurzzeitigem Betrieb nach Ablauf der auf dem Leistungsschild angegebenen Betriebszeit bezw. Betriebszeitabschnitt, wenn die Maschine vom kalten Zustande aus (Temperatur der Umgebung) belastet wurde.

Verschiedene Maschinenteile nehmen die höchstzulässige Temperatur auch dann an, wenn der Motor unbelastet oder mit geringer Last läuft. Wenn also bei Maschinen auch bei geringerer Belastung Temperaturen gemessen werden, die den höchstzulässigen Temperaturen nahekommen, so darf daraus nicht auf ungenügende Abmessung oder auf einen Fehler innerhalb der Maschine geschlossen werden.

Die Temperaturen der mit Gleichstrom erregten Feldspulen und aller ruhenden Wicklungen werden aus der Widerstandszunahme bestimmt.

Sie können aber auch ebenso wie die Temperaturen aller anderen Maschinenteile mittels Thermometer gemessen werden.

Das Thermometer ist an denjenigen Stellen der Maschine anzulegen, an denen die höchsten Temperaturen wahrscheinlich auftreten. Die Kugel des Thermometers wird zum Zwecke einer genauen Messung mit einer Staniolumhüllung versehen, die sich möglichst dicht dem Maschinenteil anschmiegen soll, dessen Temperatur festzustellen ist. Thermometer und Maschinenteile werden dann zur Vermeidung des Wärmeverlustes gemeinsam mit einem schlechten Wärmeleiter (trockene Putzwolle, Watte und dergl.) überdeckt. Das Thermometer wird außerdem so befestigt, daß es sich während des Betriebes nicht aus seiner Lage verschieben kann. Bei diesen Messungen dürfen sich folgende Höchstwerte ergeben:

Höchstzulässige Temperaturen elektrischer Maschinen.

(Nach den Normalien des V. D. E.)

Maschinenteil	Höchste Temperatur-Zunahme Grad C	Höchste Temperatur Grad C
a) Ruhende Wicklungen an Gleichstrommaschinen		
bei Isolierung durch unimprägnierte Baumwolle . . .	50	85
„ „ „ imprägnierte Baumwolle, Papier .	60	95
„ „ „ imprägn. Baumwolle u. Papier in Oel	70	105
„ „ „ Emaille, Asbest, Glimmer usw. .	80	115
b) Umlaufende Wicklungen und in Nuten eingebettete Wechselstrom-Wicklungen		
bei Isolierung durch unimprägnierte Baumwolle . . .	40	75
„ „ „ imprägnierte Baumwolle	50	85
„ „ „ Baumwolle mit Füllmasse innerhalb der Nuten, sowie Papier	60	95
„ „ „ Emaille, Asbest, Glimmer usw. .	80	115
c) An Kommutatoren	55	90
d) An Eisen von Generatoren und Motoren, in das Wicklungen eingebettet sind, und an Schleifringen, je nach Isolierung der Wicklungen bzw. der Schleifringe die Werte unter a)		
e) An Lagern	45	80

Die höchstzulässigen Temperaturen sind unter der Voraussetzung aufgestellt, daß die Temperatur der Umgebung 35 Grad nicht überschreitet. Als Temperatur der Umgebung gilt der Mittelwert der Temperatur der Luft in Höhe der Maschinenmitte und in etwa 1 m Entfernung von der Maschine.

Gleichstrommotoren

Wird eine Maschine zu dem Zwecke der Reparatur oder der Revision auseinandergenommen, so muß dafür gesorgt werden, daß die Verbindungen der Wicklungen innerhalb der Maschine genau wieder so hergestellt werden können, wie sie vor dem Auseinandernehmen waren. Sorgfältige Bezeichnung der Drahtenden ist deshalb beim Auseinandernehmen geboten.

Drehsinn der Dynamos
Drehsinn der Motoren
N s n S S n s N

Abb. 2.
Polarität der Haupt- und Hilfspole.

Bei der Wiederherstellung oder der Kontrolle der Schaltung ist zu beachten:

Der Stromverlauf des Hauptstromes soll sein: Netz — Kompoundierung—Hilfspole—Anker—Netz.

Die Polarität der Hilfspole soll so sein, daß auf einem **N**ord-Hauptpol im Sinne der Ankerdrehung bei Motore**n** ein **N**ord-Hilfspol, bei Dynamo**s** ein **S**üd-Hilfspol folgt (s. Abb. 2).

Die Kontrolle der Richtigkeit der Schaltung wird mittels Kompaß ausgeführt.

Vor dem Anlassen überzeuge man sich, daß der Anlasser auf „Aus" steht. Erst dann ist der Hauptschalter einzulegen. Das Anlassen der Motoren selbst geschieht durch langsames Drehen der Kontaktkurbel des Anlassers, bis in ihre Endstellung. Ueber Anlaufzeit siehe Seite 156. Das Ausschalten erfolgt durch schnelles Zurückdrehen der Kurbel bis zum Anschlag und Oeffnen des Hauptschalters.

Die Bürsten müssen vor Inbetriebnahme sorgfältig eingeschliffen werden. Dabei ist die Bedienungsvorschrift genauestens zu beachten, die den Maschinen mitgegeben wird. Die Einstellung der Bürsten ist durch Anschläge am Lagerkopf und Stellschrauben am Bürstenstern

Einstellung des Bürstenhaltersternes an Gleichstrommaschinen Type HN 80—700.

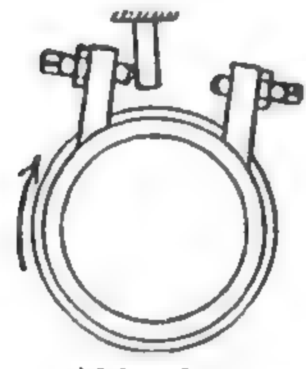


Abb. 3

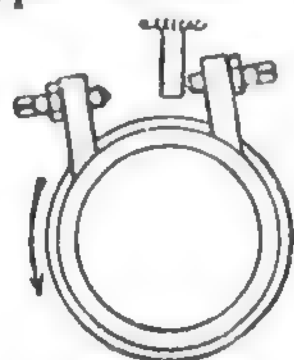


Abb. 4

Für Nebenschlußmotoren, die in einer Drehrichtung laufen. Die Pfeile geben die Drehrichtung an.

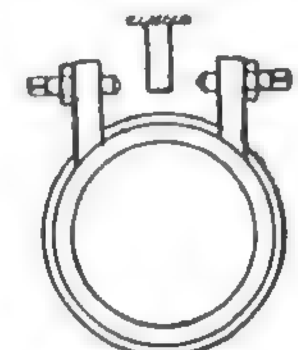


Abb. 5
Für Nebenschlußmotoren, die abwechselnd in beiden Drehrichtungen laufen; ferner für Hauptstrom und Kompoundmotoren sowie für Dynamos.

gesichert. Bei Motoren der Type HN 4 bis HN 60 ist die Bürsteneinstellung für Links- und Rechtslauf der Motoren die gleiche. An der Bürstenstellung darf nichts verändert werden. Bei den übrigen HN-Typen sind aber die Bürsten im Sinne der Drehrichtung so weit wie möglich, d. h. also, bis die Justierschraube am Anschlag liegt, zu verstellen (siehe Abb. 3 und 4). Die Pfeile deuten die Drehrichtung an.

Bei Motoren, welche für Lauf in beiden Drehrichtungen dienen sollen, sowie bei Kompound- und Hauptstrommotoren und Dynamos wird die Bürsteneinstellung entsprechend Abb. 5 gewählt und nicht geändert.

Die Wartung der Lager ist von größter Bedeutung für die Erhaltung eines guten Zustandes der Maschine. Man beachte deshalb genauestens die mit den Maschinen mitgelieferten Behandlungsvorschriften. Der Riemen soll nicht zu straff gespannt sein, weil damit eine erhöhte Lagerabnutzung verbunden ist. Die zulässige Lagerabnutzung beträgt nur wenige Zehntelmillimeter. Tritt zu starke Abnutzung der Lager ein, so ist ein Anstreifen des Ankers an den Polen möglich; dann liegt Gefahr für die Wickelungen vor.

Die Lagerabnutzung ist deshalb von Zeit zu Zeit festzustellen. Es ist besser, rechtzeitig für die Auswechselung abgenutzter Lager zu sorgen, als sich der Gefahr der Beschädigung durch Anstreifen auszusetzen.

Drehstrommotoren.

Welche Drehrichtung der Motor annimmt, kann nicht vorausbestimmt werden. Läuft der Motor nicht in der richtigen Drehrichtung, soll also seine Drehrichtung geändert werden, so vertausche man am Schalthebel zwei beliebige Leitungen miteinander.

Wird eine Maschine zum Zwecke der Reparatur oder der Revision auseinandergenommen, so muß dafür gesorgt werden, daß die Verbindungen der Wickelungen innerhalb der Maschine genau so wieder hergestellt werden können, wie sie vor dem Auseinandernehmen waren. Zu dem Zwecke ist es notwendig, die Drähte mit den Buchstaben zu verzeichnen, die die Klemmen tragen, mit denen sie verbunden sind.

Drehstrommotoren müssen immer so mit dem Netz verbunden werden, daß die drei Zuleitungsdrähte an die mit U V W bezeichneten Motorklemmen angeschlossen werden. Die anderen drei Motorklemmen mit den Bezeichnungen X Y Z lassen sich jedoch in zwei verschiedenen Arten schalten. Verbindet man sie alle drei miteinander, so ist Sternschaltung hergestellt. Mit dieser Schaltung werden die Motoren geliefert, wenn in der Bestellung keine besonderen Wünsche geäußert worden sind. Die Motoren werden gebaut für Spannungen von 110, 190, 220, 380 und 500 Volt.

Verbindet man aber die Klemme X mit der Klemme W,
„ „ Y „ „ „ U,
„ „ Z „ „ „ V,
so ist Dreieckschaltung hergestellt. Diese Schaltung wird gewöhnlich nur angewendet bei Motoren mit Kurzschlußläufer, die mittels Sterndreieckschalter eingeschaltet werden.

Motoren, die in Sternschaltung mit 190 Volt betrieben werden, sind nach Umschaltung in Dreieckschaltung für 110 Volt verwendbar. Ebenso lassen sich 380-Volt-Motoren nach Umschaltung in Dreieckschaltung für 220 Volt verwenden.

Wenn Motoren für 190 oder 380 Volt mit Sterndreieckschalter angelassen werden sollen, so müssen sie besonders für diesen Zweck, nämlich für den Betrieb, in Dreieckschaltung gebaut sein. Wegen der Wahl der Schalt- und Anlaßvorrichtungen wird auf die Preisliste verwiesen.

Das Anlassen von Motoren mit Kurzschlußläufer erfolgt gewöhnlich durch unmittelbares Einschalten des Schalthebels. Die Sicherungen müssen dann so stark bemessen sein, daß sie den dabei auftretenden

hohen Anlaufstrom aushalten; sie schützen dann aber den Motor nicht mehr. Deshalb ist es zweckmäßig, entweder besondere Motorschutzvorrichtungen PL Nr 39132—39 zu verwenden oder Schalter, die während des Anlaufens die Motorsicherung überbrücken. Eine Verminderung des Stromstoßes beim Anlassen wird durch Verwendung von Gehäuseanlassern oder Sterndreieckschaltern erzielt. Sterndreieckschalter PL Nr 36 653 haben außerdem Sicherungen, die während des Anlassens überbrückt sind.

Beim Anlassen von Motoren mit Schleifringläufer tritt zu der Bedienung des Schalthebels noch die Bedienung des Anlassers und bei Anlaß-Schleifringanker-Motoren noch die Bedienung der Bürstenabhebevorrichtung, die in ganz bestimmter Reihenfolge geschehen muß. Bevor man den Motor anläßt, überzeuge man sich zunächst davon, daß am Motor die Bürsten auf den Schleifringen aufliegen und der Anlasser auf Stellung „Aus“ steht. Erst dann bediene man die Apparate in folgender Reihenfolge

1. Schalter einschalten;
2. Kurbel des Anlassers langsam bis in die Endstellung drehen (Ueber Anlaufzeit siehe Seite 156);
3. Bürsten am Motor abheben.

Beim Stillsetzen des Motors verfahre man in umgekehrter Reihenfolge:*)

1. Bürsten am Motor auflegen;
2. Kurbel des Anlassers schnell in die Ausschaltstellung bringen;
3. Hauptschalter ausschalten.

Bei Schaltwalzenanlassern mit Feldschalter und mit Ueberstrom-Nullspannungs-Schütz treten die Feldschalter bzw. die Schützen an Stelle der Schalter. Sie sind zwangläufig verbunden. Daher sind bei ihnen nur zwei Handgriffe nötig.

Anlassen	Stillsetzen
1. Kurbel langsam einschalten;	1. Bürsten auflegen;
2. Bürsten abheben.	2. Kurbel schnell ausschalten.

Die Bürsten des Motors müssen sorgfältig behandelt und vor Inbetriebnahme gut aufgeschliffen sein. Man beachte die Behandlungsvorschriften, die mit dem Motor mitgeliefert werden.

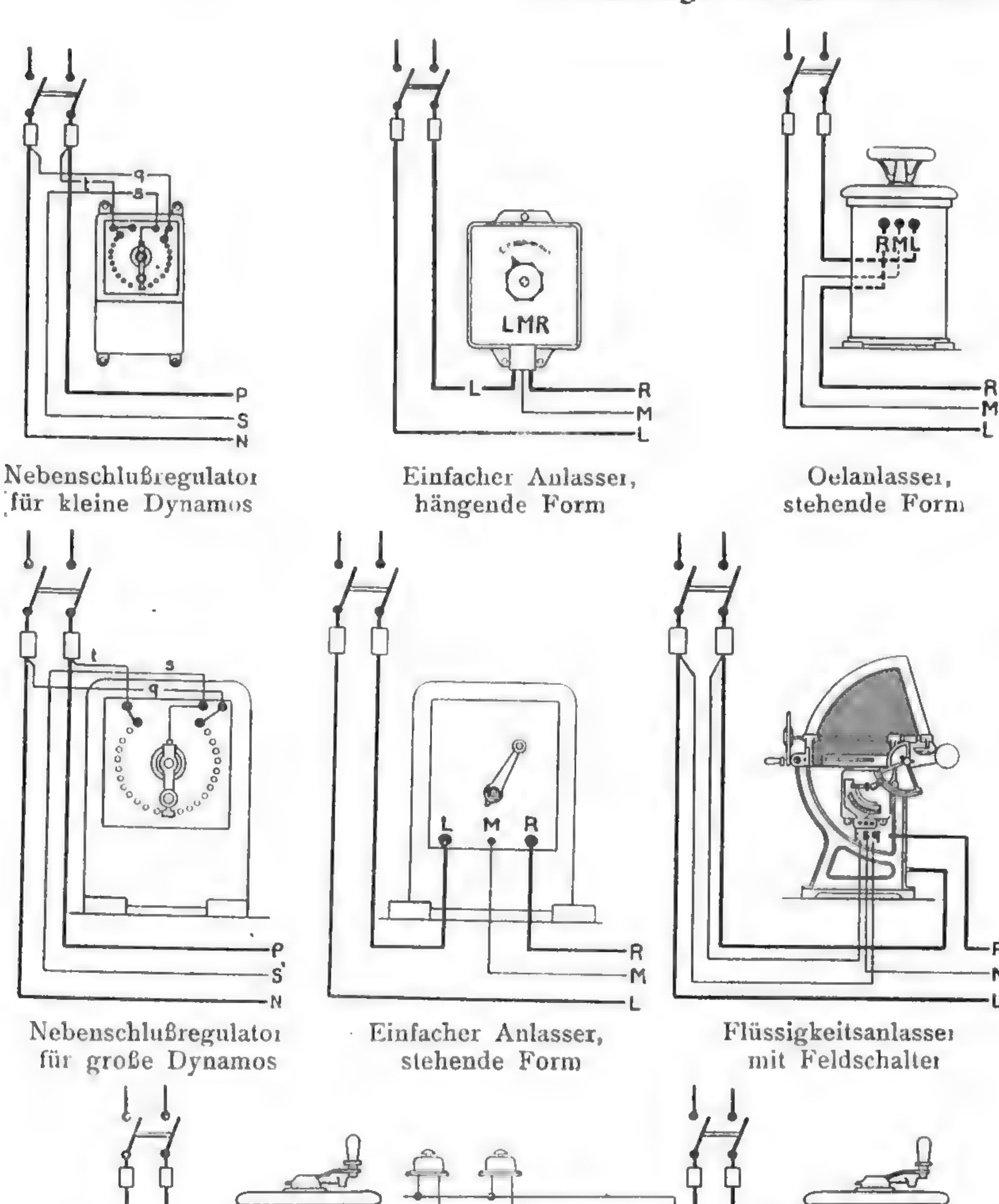
Drehstrommotoren können auch mit angebauter Anlaßvorrichtung verwendet werden. Bei diesen Motoren ist die richtige Bedienung durch die Konstruktion sichergestellt. Falsche Bedienung ist ausgeschlossen.

Die Wartung der Lager ist von größter Bedeutung für die Erhaltung eines guten Zustandes der Maschine. Man beachte deshalb genauestens die mit den Maschinen mitgelieferten Behandlungsvorschriften. Der Riemen soll nicht zu straff gespannt sein, weil damit eine erhöhte Lagerabnutzung verbunden ist.

Die zulässige Lagerabnutzung beträgt nur wenige Zehntelmillimeter. Tritt zu starke Abnutzung der Lager ein, so ist ein Anstreifen des Rotors an den Polen möglich, dann liegt Gefahr für die Wickelungen vor. Die Lagerabnutzung ist deshalb von Zeit zu Zeit festzustellen. Es ist besser, rechtzeitig für die Auswechselung abgenutzter Lager zu sorgen, als sich der Gefahr der Beschädigung durch Anstreifen auszusetzen.

*) Bei Hochspannungsmotoren sind die dem Motor beigefügten Vorschriften zu beachten.

Schaltung von Gleichstrom-



Nebenschlußregulator für kleine Dynamos

Einfacher Anlasser, hängende Form

Oelanlasser, stehende Form

Nebenschlußregulator für große Dynamos

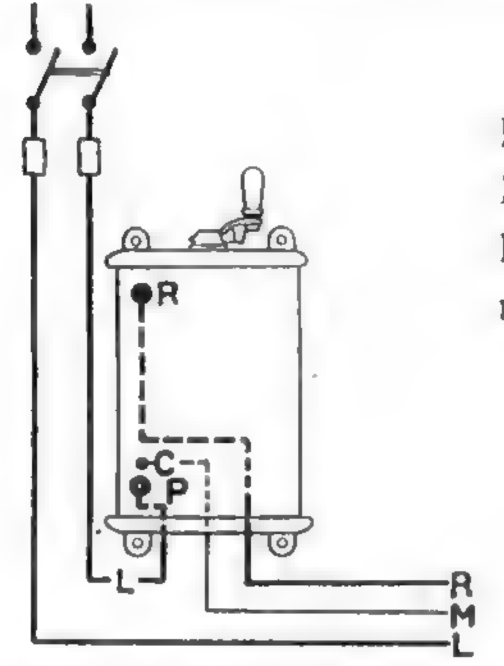
Einfacher Anlasser, stehende Form

Flüssigkeitsanlasser mit Feldschalter

Schaltwalzenanlasser mit Schütz für Nullspannung und Ueberlastung

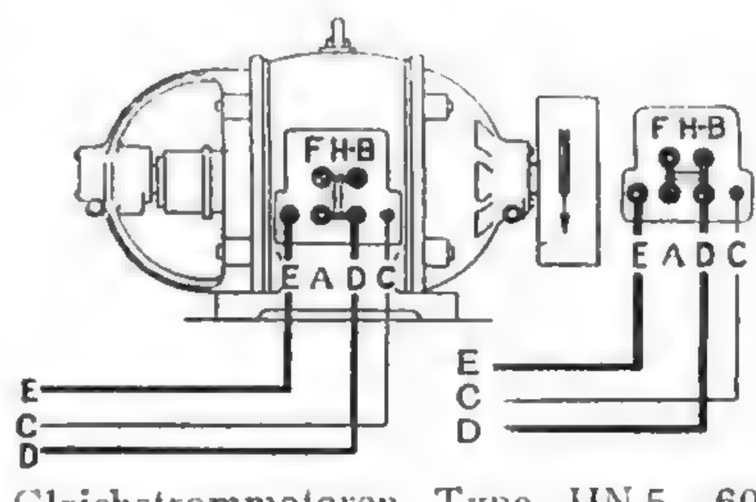
Schaltwalzenanlasser mit Schütz für Nullspannung, Ueberlastung und Bremsung durch Fernbetätigung

Motoren und Anlassern

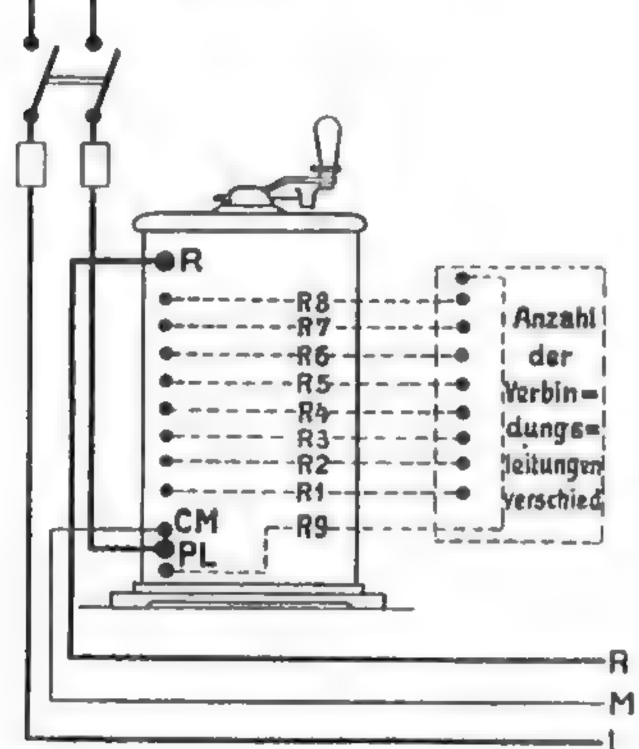


Bei Gebrauch als Dynamo sind die Klemmen E und F miteinander zu verbinden.

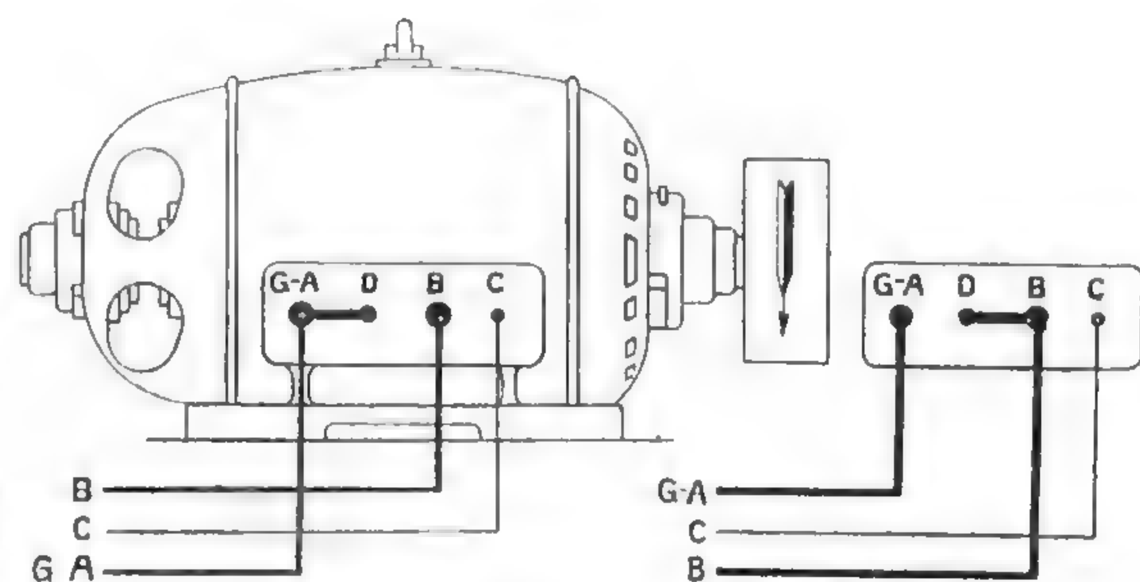
Einfacher Schaltwalzenanlasser Type H



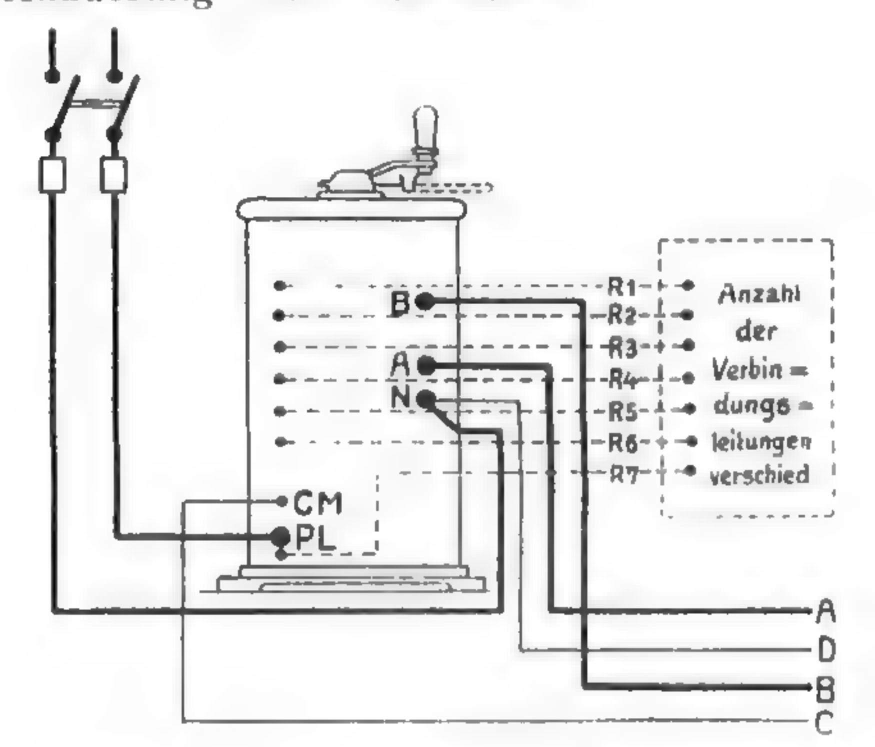
Gleichstrommotoren Type HN 5—60 für Linkslauf für Rechtslauf



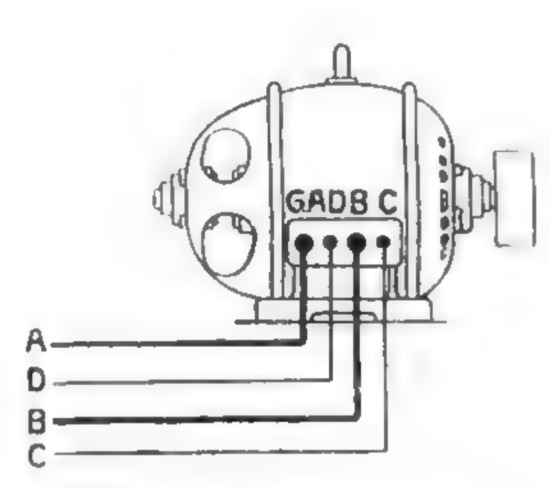
Schaltwalzenanlasser Type S mit getrennten Widerständen zur Veränderung der Umlaufzahl



Gleichstrommotoren Type HN 80—700 für Linkslauf für Rechtslauf

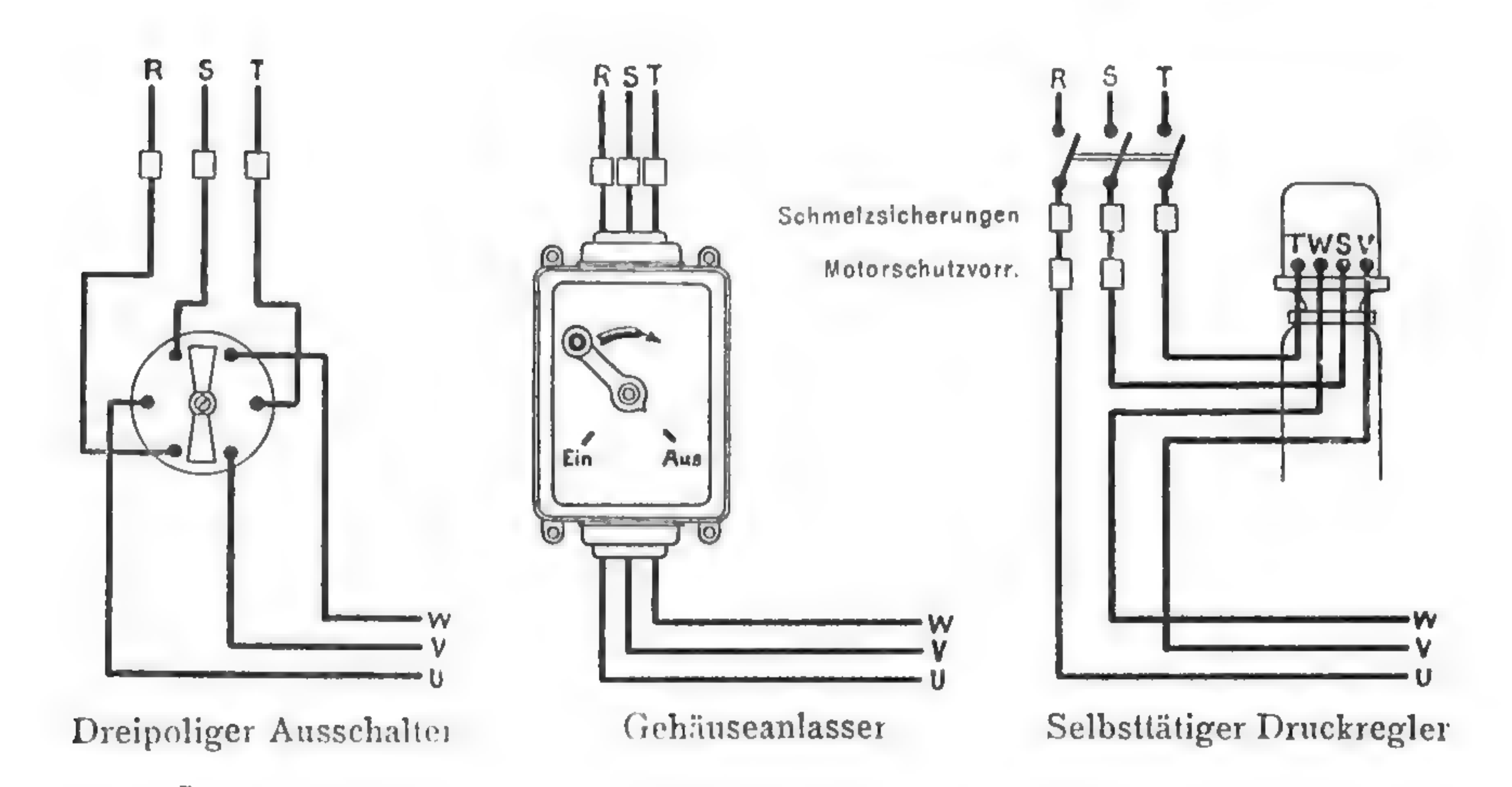


Schaltwalzenanlasser mit getrennten Widerständen für Umkehrung der Drehrichtung



Gleichstrommotoren HN 80—700

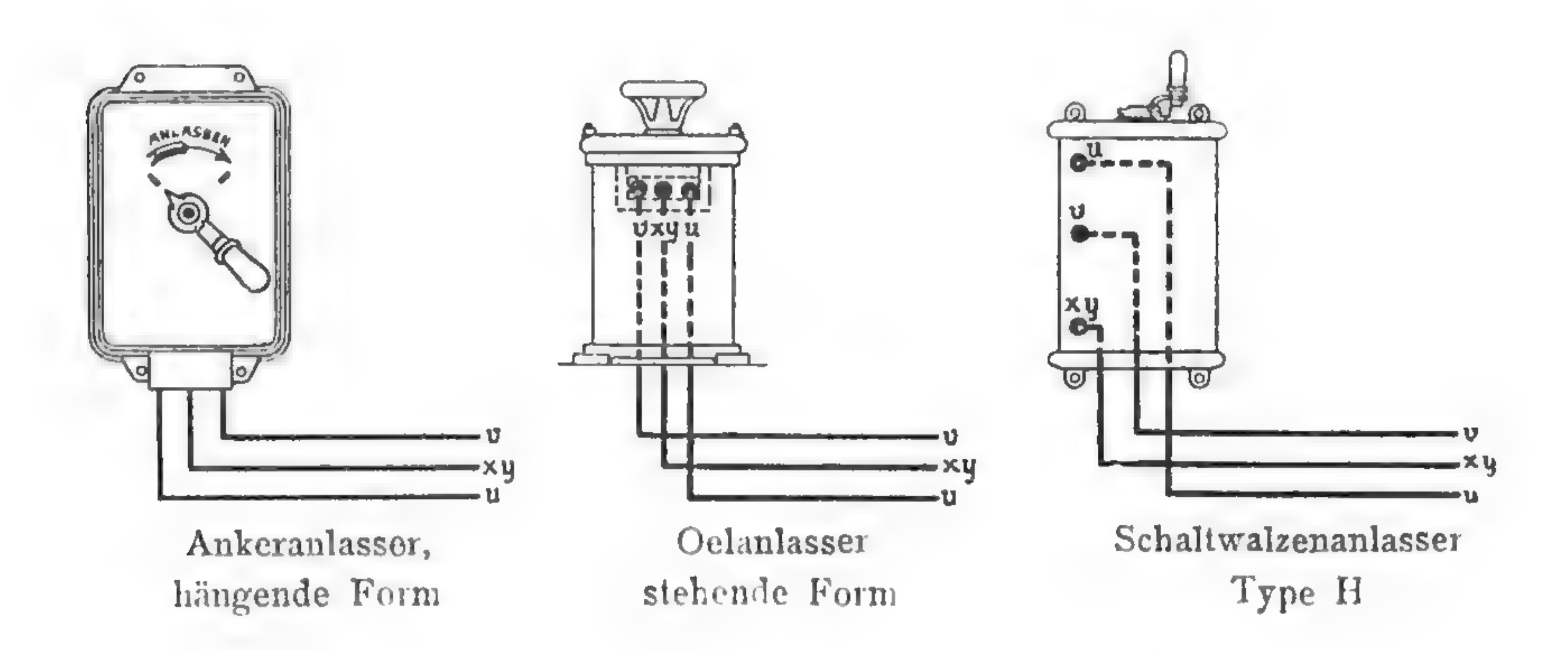
Schaltung von Drehstrom-



Dreipoliger Ausschalter

Gehäuseanlasser

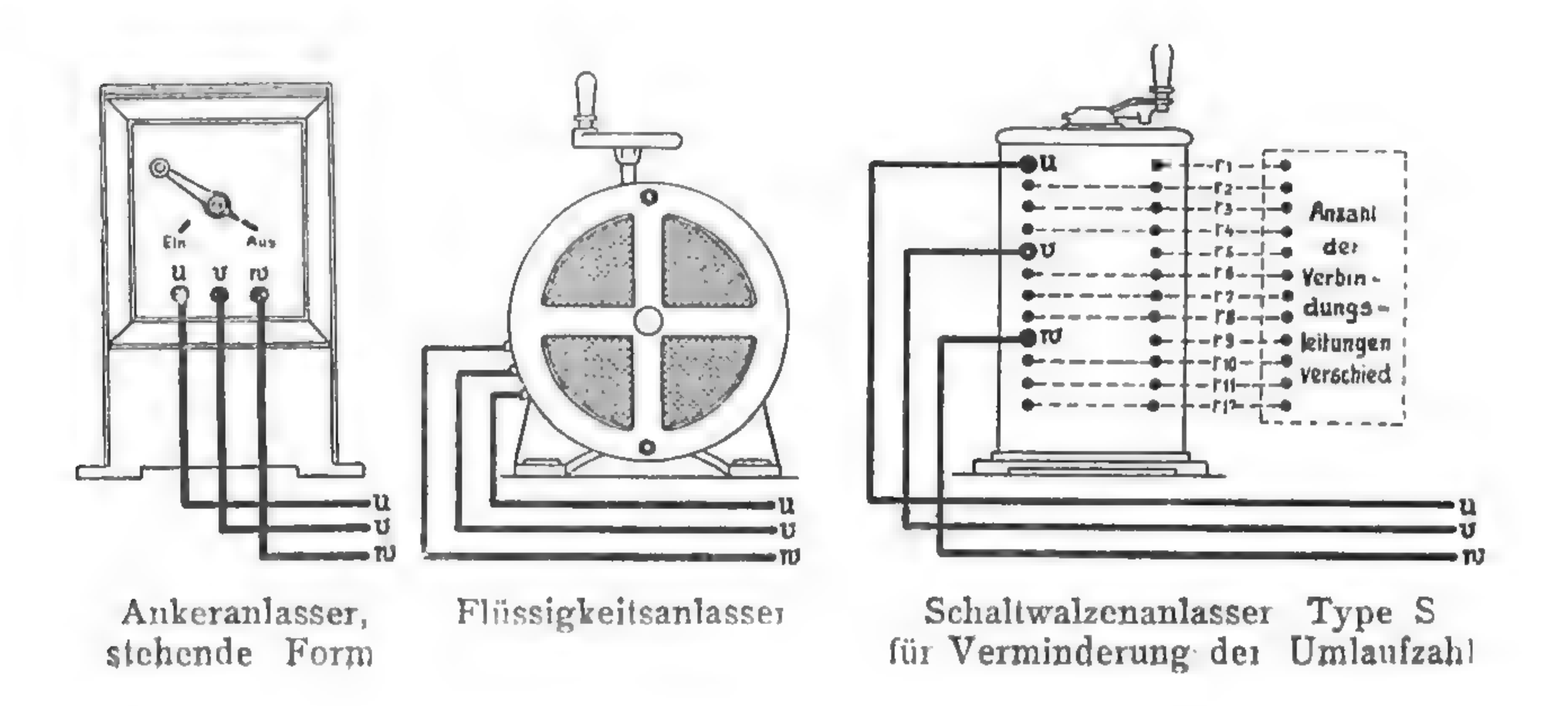
Selbsttätiger Druckregler



Ankeranlasser, hängende Form

Oelanlasser stehende Form

Schaltwalzenanlasser Type H

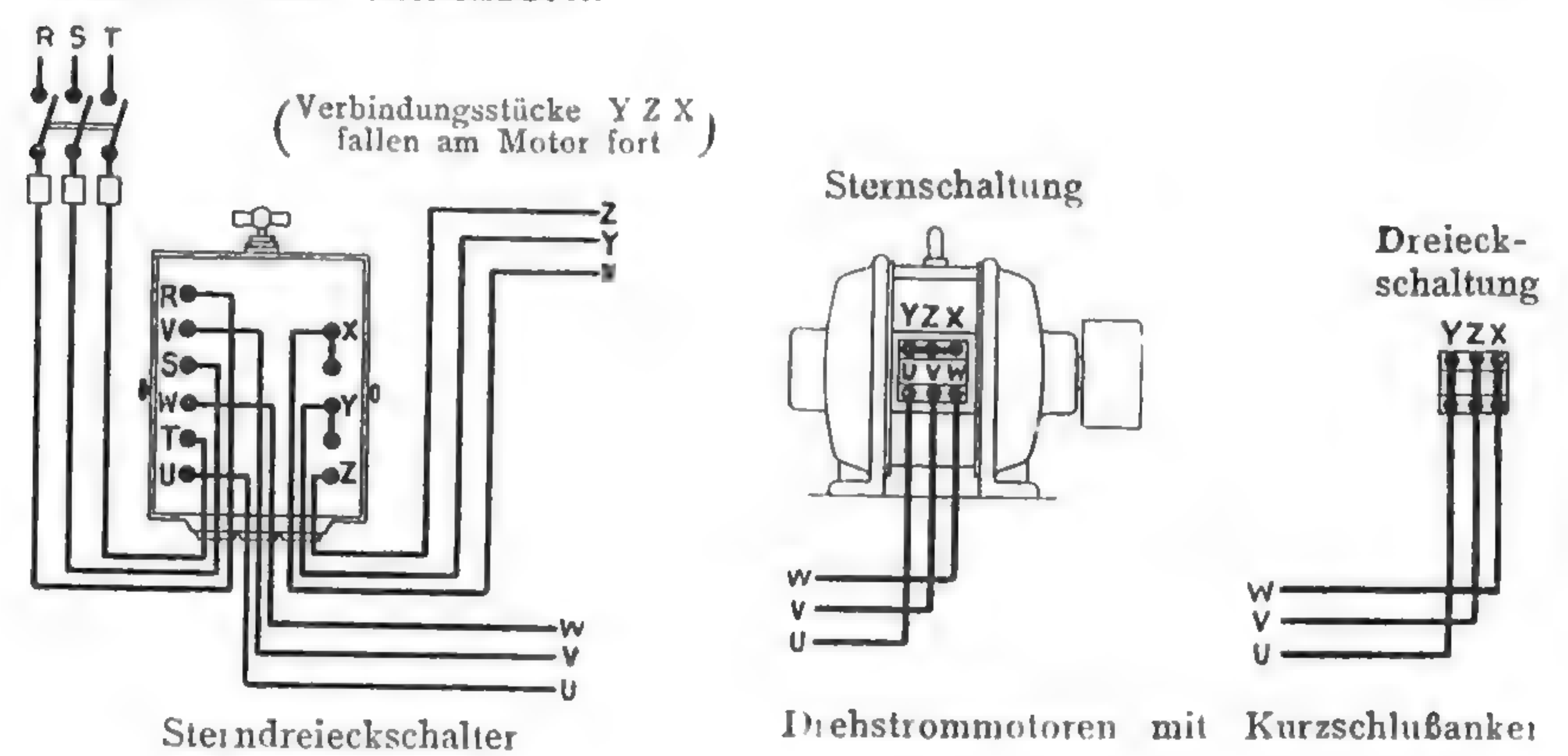


Ankeranlasser, stehende Form

Flüssigkeitsanlasser

Schaltwalzenanlasser Type S für Verminderung der Umlaufzahl

Motoren und Anlassern.



Sterndreieckschalter

Drehstrommotoren mit Kurzschlußanker

(Schalthebel fällt fort) (Sicherung vor R S T)

Schaltwalzenanlasser mit Gehäuseschalter

Drehstrommotoren mit zweiphasigem Schleifringanker

(Schalthebel fällt fort) (Sicherung vor R S T)

Schaltwalzenanlasser mit Schütz für Nullspannung, Ueberlastung und Fernausschaltung

Drehstrommotoren mit dreiphasigem Schleifringanker

Anleitung zur Inbetriebsetzung von Elektromotoren

bei der ersten Aufstellung, bei Wiederaufstellung nach einer Reparatur oder nach einer Ortsveränderung.

Gleichstrommotoren.

Man prüfe die verlegten Zuleitungen auf Erdschluß und Nebenschluß (siehe Kapitel Isolationsmessungen). Man schließe Motor und Anlasser nach dem zutreffendem Schaltbild auf Seite 162—163 an. Man wähle die Nennstromstärke der Schmelzsicherung entsprechend dem Leitungsquerschnitt und der zu erwartenden Betriebsstromstärke (siehe Leistungsschild des Motors) nach der Tabelle im § 20 der Errichtungsvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Man prüfe, ob der Bürstenhalterstern in richtiger Stellung steht (siehe Seite 159).

Nun lege man unter jede Bürste ein Stück Papier, so daß die Bürsten den Kollekter nicht berühren, dann schalte man den Schalthebel und den Anlasser ein. Eine Prüflampe, die an zwei benachbarte Bürstenhalter angehalten wird, muß jetzt hell aufleuchten. Ein Stück Eisen, z. B. ein Schraubenschlüssel, muß von den Magnetpolen heftig angezogen werden. Zeigen sich diese Merkmale nicht, so ist der Fehler aufzusuchen und zu beseitigen. Er wird in einer Leitungsunterbrechung oder in falscher Schaltung liegen.

Ist alles in Ordnung befunden, so schalte man Anlasser und Schalthebel aus. Erst dann entferne man die Papierunterlagen unter den Bürsten. Nun kann der Motor entsprechend den Anweisungen auf Seite 159 angelassen werden. Dabei können sich noch folgende Unregelmäßigkeiten zeigen:

I. Beobachtung: Beim Anlassen unter Last erwärmt sich Anlasser übermäßig; auf den letzten Stufen großer Stromstoß evtl. Durchbrennen der Sicherung.
Mögl. Ursache: Anlasser ist für die verlangte Anlaufleistung zu klein.
Abhilfe: Anlaufstromstärke messen; Anlauflast vermindern.

II. Beobachtung: Motor zeigt anormal hohe Erwärmung.
Mögl. Ursache: Ueberlastung.
Abhilfe: Mittels Amperemeter Belastung prüfen, Belastung vermindern, größeren Motor einbauen.
Noch einmal nachsehen, ob die Erregung auch richtig geschaltet ist.

III. Beobachtung: Die Lager werden anormal heiß.
Mögl. Ursache: 1. Zu straff gespannter Riemen.
2. Motor ist auf seiner Unterlage verspannt.
Abhilfe: zu 1. Riemen lockern, feststellen, ob Temperatur sinkt.
zu 2. Motor leer ohne Riemen laufen lassen. Wenn anormale Erwärmung anhält, Fundamentschrauben lockern, evtl. durch Zwischenlage Motor ausrichten.

IV. Beobachtung: Motor funkt bei Belastung.
Mögl. Ursache: 1. Ueberlastung.
2. Stellung des Bürstenhaltersterns ist falsch.
3. Wendepole sind falsch geschaltet.

Abhilfe: zu 1. Prüfung der Belastung mittels Amperemeter. Belastung vermindern, größeren Motor einbauen.

zu 2. Bei Motoren ohne Wendepole, sofern dieselben nicht feststehende Bürstenbrille haben, Bürstenbrille entgegengesetzt der Drehrichtung verschieben. Kleinere Motoren bis ca. 5 PS mit Wendepolen haben für beide Drehrichtungen gleiche Bürstenstellung. Bei größeren Motoren mit Wendepolen ist die Bürstenbrücke im Sinne der Drehrichtung zu verschieben.

zu 3. Prüfung der Wendepolschaltung mittels Kompasses nach Abb. 2 Seite 158, evtl. Umschaltung vornehmen (Vorsicht).

V. Beobachtung: Motor läuft mit falscher Drehrichtung.
Abhilfe: Entsprechend Schaltung auf Seite 163 Verbindungsstück umsetzen, Hauptleitungen vertauschen.

Drehstrommotoren.

Man prüfe die verlegten Zuleitungen auf Erdschluß und Nebenschluß (siehe Kapitel Isolationsmessungen). Man schließe Motor und Anlasser nach dem zutreffenden Schaltbild auf Seite 164—165 an. Man stelle den Anlaufstrom fest; er ist bei Kurzschlußankermotoren etwa das 6fache der auf dem Leistungsschild angegebenen Normalstromstärke und bei Schleifringankermotoren etwa gleich dieser. Man wähle die Schmelzsicherung diesem Anlaufstrom entsprechend, überzeuge sich aber, daß die Zuleitung einen dieser Leistungsstärke entsprechenden Querschnitt hat. Dazu ist die Tabelle in § 20 der Errichtungsvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker zu verwenden. Man prüfe, ob der Motor richtig in Stern- oder Dreieckschaltung angeschlossen ist. Bei Schleifringankermotoren müssen die Bürsten auf den Schleifringen aufliegen und der Anlasser auf „Aus" stehen. Dann wird der Schalthebel eingelegt. Der Motor muß ein sanftes, gleichmäßiges Brummen zeigen. Mit der Prüflampe ist an den drei Motorklemmen U, V, W festzustellen, ob alle drei Phasen Spannung haben. An den Klemmen des Anlassers u, v, w bzw. u, x/y, v muß die Prüflampe aufleuchten, wenn sie eingeschaltet wird 1. zwischen linker und mittlerer Klemme schwach
2. „ mittlerer und rechter Klemme schwach
3. „ linker und rechter Klemme stärker.

Zeigen sich diese Merkmale nicht, so ist der Fehler aufzusuchen und zu beseitigen. Es wird in einer Leitungsunterbrechung, oder in falscher Schaltung, oder daran liegen, daß die Bürsten auf den Schleifringen nicht gut aufliegen.

Ist alles in Ordnung befunden, so lasse man den Motor entsprechend den Anweisungen auf Seite 160 an. Dabei können sich noch folgende Unregelmäßigkeiten zeigen:

I. Beobachtung: Beim Anlassen unter Last erwärmt sich Anlasser übermäßig; auf den letzten Stufen großer Stromstoß evtl. Durchbrennen der Sicherung.
Mögl. Ursache: Anlasser ist für die verlangte Anlaufleistung zu klein oder er paßt für den Motor überhaupt nicht, oder der

	mittlere Schleifring ist nicht mit der mittleren Anschlußklemme des Anlassers verbunden.
Abhilfe:	Anlaufstromstärke messen, Anlasser richtig wählen, Anlasser richtig anschließen, Anlauflast vermindern.
II. Beobachtung:	Motor zeigt anormal hohe Erwärmung.
Mögl. Ursache:	Ueberlastung.
Abhilfe:	Mittels Amperemeter Belastung prüfen, Belastung vermindern, größeren Motor einbauen.
III. Beobachtung:	Die Lager werden anormal heiß.
Mögl. Ursache:	1. Zu straff gespannter Riemen. 2. Motor ist auf seiner Unterlage verspannt.
Abhilfe:	zu 1. Riemen lockern, feststellen ob Temperatur sinkt. zu 2. Motor leer ohne Riemen laufen lassen. Wenn anormale Erwärmung anhält, Fundamentschrauben lockern, evtl. durch Zwischenlage Motor ausrichten.
IV. Beobachtung:	Große Stromaufnahme bei Leerlauf. Gehäusewicklung erwärmt sich selbst bei Leerlauf nach kurzer Zeit stark.
Mögl. Ursache:	Ständer ist in Dreieck statt in Stern geschaltet.
Abhilfe:	Spannung zwischen den Schleifringen messen. Dieselbe zeigt die ca. 1,7 fache Höhe der auf dem Leistungsschild angegebenen Spannung. Ständer umschalten.
V. Beobachtung:	Motor läuft schwer an. Bei Belastung geht die Umlaufzahl zurück.
Mögl. Ursache:	1. Motor ist für Dreieckschaltung bestimmt. Ständer ist aber in Stern geschaltet. 2. Spannung ist zu gering.
Abhilfe:	zu 1. Schaltung ändern. zu 2. Spannung am Motor messen. Feststellen, ob Spannungsabfall in der Leistung zu groß. Elektrizitätswerk benachrichtigen.
VI. Beobachtung:	Motor läuft mit falscher Drehrichtung.
Abhilfe:	Man vertausche die Anschlüsse der Leitungen U und V miteinander, oder man vertausche zwei Zuleitungsdrähte am Schalthebel.

Anleitung
zur Beseitigung von Störungen an Elektromotoren,
welche **bis zum Eintritt der Störung in normaler Benutzung** waren.

Gleichstrommotoren.

I. Beobachtung: Motor läuft nicht an.

Mögl. Ursache:
1. Unterbrechung in der Zuleitung, z. B. Sicherung ist durchgebrannt.
2. Anlasser ist durchgebrannt.
3. Bürsten sind infolge Verschmutzung in den Haltern festgeklemmt und berühren den Kollektor nicht.

Abhilfe:
zu 1. Kontrolle der Sicherungen. Ersatz der durchgebrannten. Bürsten vom Kollektor entfernen, Anlasser einschalten. Mittels Prüflampe prüfen, ob an den Klemmen des Motors volle Spannung vorhanden, ev. Leitungsunterbrechung beseitigen.
zu 2. Mittels Galvanoskop oder Prüflampe messen, ob Anlasser Unterbrechung hat, ev. Anlasser auswechseln.
zu 3. Bürstenhalter säubern, so daß die Bürsten sich leicht bewegen und den Kollektor berühren.

II. Beobachtung: Motor läuft mit Stoß an, wenn der Anlasser z. T. eingeschaltet ist. Kontaktbahn ist an dieser Stelle angeschmort.

Mögl. Ursache: Anlasser hat an der gekennzeichneten Stelle Unterbrechung.

Abhilfe: Prüfung des Anlassers mittels Galvanoskop oder Prüflampe. Anlasser auswechseln oder Unterbrechungsstelle überbrücken.

III. Beobachtung: Motor läuft schwer an. Anlasser wird heiß. Sicherungen brennen durch.

Mögl. Ursache:
1. Leitungen zwischen Anlasser und Motor haben untereinander Schluß oder Erdschluß.
2. Motor hat Körperschluß.
3. Magnetstromkreis hat Unterbrechung.
4. Bürstenbrücke hat falsche Stellung.

Abhilfe:
zu 1. Leitungen vom Klemmbrett lösen, gegeneinander und gegen Erde prüfen (s. Isolationsmessung), Fehler beseitigen.
zu 2. Leitungen vom Klemmbrett lösen. Bürsten vom Kollektor entfernen, dann mittels Galvanoskop oder Prüflampe Magnete, Anker und Bürstenbolzen gegen Eisen prüfen. Besteht Fehler, ist Reparatur nötig.
u 3. Zwischen Bürsten und Kollektor Papier schieben. Anlasser einschalten. Mittels eines Stückes Eisen prüfen, ob Pole magnetisch sind, s. Inbetriebsetzung

zu 4. Bürstenbrille auf Marke einstellen. Ist letztere nicht vorhanden, durch Hin- und Herschieben der Bürsten richtige Stellung ermitteln. Liegt die Ableitung der Ankerwicklung zum Kollektor außen, so findet man die richtige Bürstenstellung (neutrale Zone) wie folgt:
Man verfolgt die Ableitung derjenigen Spule, die zwischen zwei Hauptpolen steht und stellt die Bürsten auf die Lamelle, in die diese eingelötet ist.

IV. Beobachtung: Motor funkt bei Belastung. Kollektor wird an der ganzen Oberfläche schwarz.

Mögl. Ursache:
1. Vorstehende Lamellenisolation.
2. Ungeeignetes Bürstenmaterial.
3. Unrunder Kollektor.
4. Ausgelaufene Lager.
5. Einzelne Bürstenhalter haben sich gelöst und berühren deshalb den Kollektor in ungleichen Abständen.
6. Motor ist starken Erschütterungen ausgesetzt.
7. Eine oder mehrere Magnetspulen haben Windungsschluß.

Abhilfe:
zu 1. Vorstehende Lamellenisolation durch Abfühlen des Kollektors feststellen, durch kräftiges Abschmirgeln mit scharfem Karborundumleinen vorstehenden Glimmer beseitigen, evtl. mittels spitz geschliffenem Stahl auszukratzen.
zu 2. Die verwendeten Kohlenbürsten können zu hart oder zu weich sein; passende Ersatzkohlen vom Erbauer des Motors beziehen.
zu 3. Kollektor überdrehen.
zu 4. Prüfung der Lager. Feststellen ob Welle im Lager vertikal oder in Richtung des Riemenzuges Spielraum hat. An der Kollektorseite durch Anheben mittels eines Eisens oder Schraubenziehers feststellen, ob Welle Spielraum hat, zutreffenden Falles Lagerschalen auswechseln.
zu 5. Prüfen, ob die aufliegenden Kohlebürsten den Kollektor in gleiche Teile teilen, wenn nein, Kohlebürsten versetzen.
zu 6. Prüfen, ob alle Fundamentschrauben fest angezogen. Ob Motor ohne Riemen ruhig läuft. Auf richtige Verbindung der Riemenstoßstelle achten.
zu 7. Verbindungen zwischen den einzelnen Magnetspulen freilegen. Magnete einschalten. Spannung der einzelnen Spulen messen. Abweichungen sollen nicht mehr als 10% betragen; fehlerhafte Spule (das ist die mit zu geringer Spannung) auswechseln.

V. Beobachtung: Einzelne Bürsten funken stark und erhitzen sich, wogegen andere kalt bleiben.
Mögl. Ursache: Motor hat verschiedene Kohlensorten, auf den untereinander verbundenen Bürstenbolzen.
Abhilfe: Bürsten prüfen. Bürsten verschiedener Marken austauschen und durch solche gleicher Marke ersetzen.

VI. Beobachtung: Motor funkt sehr stark, an einzelnen Lamellen brennt die Isolation aus.
Mögl. Ursache: Unterbrechung in der Ankerwicklung.
Abhilfe: Feststellen, ob Verbindung zwischen Kollektor und Wicklung ausgelötet oder ob Ankerdraht hinter der Kollektorfahne abgebrochen. Vor Beseitigung der Unterbrechung prüfen, ob die Lamellen, zwischen denen die Isolation ausgebrannt ist, keine Verbindung haben. Ist am Kollektor eine Unterbrechungsstelle nicht zu ermitteln, liegt dieselbe in der Wicklung.

VII. Beobachtung: Motor funkt, Kollektor wird stellenweise schwarz.
Mögl. Ursache:
1. Schlechter Kontakt zwischen der Wicklung und den Lamellen bzw. deren Fahnen.
2. Schlechter Kontakt zwischen Lamellen und Fahnen.
3. Bei Kollektoren, an denen die Ankerdrähte verschraubt sind, lockere Schrauben.

Abhilfe:
zu 1. Mittels eines spitzen Eisens feststellen, ob an den fraglichen Stellen die Ankerdrähte sich in den Fahnen bewegen lassen, wenn ja, einlöten lassen.
zu 2. Durch leichten Schlag gegen die Fahnen prüfen, ob sich dieselben in den Lamellen bewegen, wenn ja, Reparatur nötig.
zu 3. Prüfen, ob sich die Schrauben nachziehen lassen, wenn ja, Schrauben anziehen.

VIII. Beobachtg.: Motor hat anormal hohe Stromaufnahme. Einzelne Ankerspulen erhitzen sich nach kurzer Zeit.
Mögl. Ursache: Ueberbrückung der Spulen am Kollektor.
Abhilfe: Feststellen, ob äußere Ueberbrückung vorliegt. Wenn nicht, ist die Lamellenisolation defekt. Reparatur nötig.

IX. Beobachtung: Motor läuft bei großer Stromaufnahme ruckweise an.
Mögl. Ursache: Ankerspulen haben gegeneinander Schluß.
Abhilfe: Bürsten abheben. Anlasser einschalten, so daß Magnete voll erregt sind. Anker mit der Hand drehen. Bei einem Wicklungsschluß ist der Anker an zwei Punkten sehr schwer zu bewegen. Reparatur unerläßlich.

X. Beobachtung: Anker zeigt im ganzen anormal hohe Erwärmung.
Mögl. Ursache: Ueberlastung.
Abhilfe: Mittels Amperemeter Belastung prüfen. Ueberlastungsursache bei den angetriebenen Maschinen ermitteln und beseitigen.

Drehstrommotoren.

I. **Beobachtung:** Motor läuft nicht an.

Mögl. Ursache:
1. Unterbrechung in der Zuleitung, z. B. eine oder mehrere Sicherungen durchgebrannt.
2. Unterbrechung im Läuferstromkreis.
3. Unterbrechung im Ständerstromkreis.

Abhilfe:
- zu 1. Kontrolle der Sicherungen. Ersatz der durchgebrannten.
- zu 2. Messung der Spannung mittels Voltmeters oder Prüflampe am Klemmbrett des Motors und am Schalter s. Inbetriebsetzung.
- zu 2. Nachspannen der Bürsten, Prüfung der Leitung zwischen Anlasser und Klemmbrett. Untersuchung, ob Schleiffedern am Anlasser guten Kontakt geben, ferner, ob Widerstände Unterbrechung haben. Beseitigung der Unterbrechung. Bei Unterbrechung im Motor ist Reparatur nötig.
- zu 3. Nach Lösung der Zuleitung und der Schaltverbindung am Klemmbrett die einzelnen Phasen mittels Galvanoskop prüfen. Bei Unterbrechung im Motor ist Reparatur nötig.

II. **Beobachtung:** Motor läuft mit Stoß an, wenn der Anlasser zum Teil eingeschaltet ist. Kontaktbahn ist an dieser Stelle angeschmort.

Mögl. Ursache: Anlasser hat an der gekennzeichneten Stelle Unterbrechung.

Abhilfe: Prüfung des Anlassers mittels Galvanoskop oder Prüflampe. Anlasser auswechseln oder Unterbrechungsstelle überbrücken.

III. **Beobachtung:** Motor läuft schwer an, Umlaufzahl fällt bei Belastung stark ab.

Mögl. Ursache: Unterbrechung in einer Phase des Läuferstromkreises.

Abhilfe: Mittels Prüflampe feststellen, ob alle drei Schleifringe Spannung haben. Nachspannen der Bürsten, Prüfung der Leitung zwischen Anlasser und Klemmbrett. Untersuchen, ob Schleiffedern am Anlasser guten Kontakt geben, ferner, ob Widerstände Unterbrechung haben. Unterbrechung beseitigen, sonst siehe II.

IV. **Beobachtung:** Motor läuft schwer an, brummt stark beim Anlauf und erhitzt sich schnell.

Mögl. Ursache: Ausgelaufene Lager. Läufer streift am Ständer.

Abhilfe: Prüfung der Lager. Feststellen, ob Welle im Lager vertikal oder in Richtung des Riemenzuges Spielraum hat. An der Schleifringseite durch Anheben mittels eines Eisens oder Schraubenziehers feststellen, ob Welle Spielraum hat, zutreffenden Falles Lagerschalen auswechseln.

V. Beobachtung: Beim Einschalten des Schalters brennen eine oder mehrere Sicherungen durch.

Mögl. Ursache:
1. Leitungen vom Schalter zum Gehäuse haben Schluß miteinander.
2. Leitungen vom Motor zum Anlasser haben untereinander Schluß, evtl. zwei Bürstenhalter.
3. Zwei Phasen der Gehäusewicklung haben Schluß miteinander bzw. Schluß mit Eisen.
4. Schleifringe haben gegeneinander Schluß bzw. Läufer hat Schluß in der Wicklung.

Abhilfe
- zu 1. Zuleitung vom Motor-Klemmbrett lösen, Zuleitung gegeneinander prüfen. Isolationsfehler beseitigen.
- zu 2. Anlasser abklemmen. Bürsten durch Zwischenlagen von Papier oder Holz von den Schleifringen abheben, dann Anlasser-Leitungen gegeneinander prüfen. Isolationsfehler beseitigen.
- zu 3. Zuleitung vom Motor-Klemmbrett lösen. Schaltstücke am Klemmbrett entfernen. Dann die einzelnen Phasen gegeneinander und gegen Eisen prüfen. Schluß im Motor kann nur durch Reparatur beseitigt werden.
- zu 4. Bürsten von den Schleifringen abheben. Riemen von der Scheibe entfernen. Stator einschalten. Motor läuft alsdann leer an. Meist nur durch Reparatur zu beheben.

VI. Beobachtung: Motor brummt sehr stark bei großer Stromaufnahme.

Mögl. Ursache: Eine Phase der Ständerwicklung hat Windungsschluß.

Abhilfe: Durch Anfühlen der Wicklung feststellen, ob ungleiche Erwärmung der Wicklung vorhanden. Die kurzgeschlossenen Windungen erhitzen sich nach kurzer Zeit sehr stark. Neuwicklung und Reparatur erforderlich.

VII. Beobachtung: Zeiger des in der Zuleitung des Motors eingebauten Amperemeters pendelt bei konstanter Belastung stark hin und her.

Mögl. Ursache: Schlechter Kontakt im Läuferstromkreis.

Abhilfe: Alle Anschlußschrauben gut anziehen. Prüfen, ob Schleiffedern am Anlasser guten Kontakt geben. Bei Abhebevorrichtungen Verbindung zwischen Kurzschlußfedern und Kurzschlußring prüfen und sorgfältig herstellen.

VIII. Beobachtung: Anormal hohe Erwärmung des Motors.

Mögl. Ursache: Ueberlastung.

Abhilfe: Mittels Amperemeter Belastung prüfen. Bei Ueberlastung angetriebene Maschine prüfen. Grund der Ueberlastung beseitigen.

Außerdem können an Drehstrommotoren mit Kurzschlußanker folgende Fehler auftreten.

IX. Beobachtung: Beim Anlassen mit Sterndreieck-Schalter läuft Motor in Anlaufschaltung nicht an.

Mögl. Ursache: Schaltfinger im Anlaßschalter haben Brandstellen.

Abhilfe: Prüfung des Sterndreieck-Schalters. Ersatz der angebrannten Schaltfinger.

X. Beobachtung: Wird Sterndreieck-Schalter auf Arbeit geschaltet, läuft Motor an, läßt aber bei Belastung stark in der Umlaufzahl nach.

Mögl. Ursache: 1. Läuferstäbe sind ausgelötet.
2. Zu große Belastung.

Abhilfe: zu 1. Eine Besichtigung des Motors zeigt fortgespritzte Zinnteilchen. Reparatur erforderlich.
zu 2. Belastung durch Amperemeter prüfen. Belastung vermindern, größeren Motor einbauen.

Annähernder **Stromverbrauch von Motoren** bei Vollast in Amp. für eine Pferdestärke.

Gleichstrom

Motorleistung	110 Volt	220 Volt	440 Volt	500 Volt
1—5 PS	8,8—8,2	4,4—4	2,2—2	1,9—1,8
6—25 PS	7,8—7,7	3,8	1,9	1,66
26—50 PS	7,6	3,8	1,9	1,66
51—75 PS	7,4	3,7	1,86	1,62
76—100 PS	7,4	3,68	1,84	1,61
im Mittel	8	4	2	1,8

Drehstrom

Motorleistung	110 Volt	190 Volt	220 Volt	380 Volt	500 Volt
1—5 PS	5,75—5	3,3—2,8	2,87—2,5	1,4	1,28—1,1
6—25 PS	4,8	2,8	2,5	1,4	1,06
26—50 PS	4,58	2,76	2,44	1,38	1,05
51—75 PS	4,5	2,7	2,4	1,35	1,03
76—100 PS	4,45	2,70	2,38	1,33	1,02
im Mittel	5	3	2,5	1,4	1,1

Bei 3000 Volt Drehstrom etwa 0,2 Amp. p. PS. Bei 6000 Volt Drehstrom etwa 0,1 Amp. p. PS.

Riementriebe.

Die Auswahl der Umdrehungszahl von Elektromotoren für Riemenantrieb soll so erfolgen, daß das **Uebersetzungsverhältnis,** d. i. das Verhältnis der größeren zur kleineren Umdrehungszahl, nicht unzulässig groß wird. Die zulässige Größe wird beeinflußt vom Achsenabstand, von der Lage des Riementriebes (wagerecht, senkrecht) und in geringem Maße von der Umdrehungsrichtung (unteres oder oberes Trum ziehend). Ueber Auswahl des Uebersetzungsverhältnisses siehe weiter unten. Ergibt die Anordnung eine unzulässig kleine Riemenscheibe, so muß ein Elektromotor mit passender Umdrehungszahl gewählt oder ein **Riemenvorgelege** angeordnet werden. Die Umdrehungszahl eines solchen soll gewöhnlich 350 Umdrehungen in der Minute nicht übersteigen. Alle Riemenscheiben sind leicht ballig zu drehen und gut auszubalanzieren.

Die Berechnung der Riemenscheibendurchmesser erfolgt nach der Formel:

$$D = \frac{d \times n}{1{,}03 \times N} \text{ worin bedeutet:}$$

D = Durchmesser der größeren (langsamer laufenden) Scheibe.
N = Umdrehungszahl der größeren (langsamer laufenden) Scheibe.
d = Durchmesser der kleineren (schneller laufenden) Scheibe.
n = Umdrehungszahl der kleineren (schneller laufenden) Scheibe.

Die Zahl 1,03 berücksichtigt den Riemenrutsch (3 %), jedoch ist dieser Wert nicht ganz feststehend; bei guten Riementrieben ist er geringer (1—2 %). — Für die Güte des Riementriebes ist maßgebend:

1. Der Durchmesser der kleineren Scheibe;
2. der umspannte Bogen der kleineren Scheibe, welcher abhängt: a) vom Achsenabstand, b) vom Uebersetzungsverhältnis, c) von der Anordnung des Triebes;
3. die Riemenspannung;
4. die Anwendung einer Spannrolle;
5. die Riemenbreite.

1. Der Durchmesser der kleineren Scheibe.

Je größer der Durchmesser, desto besser der Trieb. Bei einer kleinen Scheibe ist die Reibungsfläche gering, besonders wenn Steifigkeit des Riemens ein glattes Anlegen verhindert. Dazu kommt, daß die zu übertragende Kraft um so geringer ist, je größer die Scheibe genommen wird.

Kleinste und größte Riemenscheibendurchmesser in mm.

Bei Umläufen in der Minute	Bei einer Kraftübertragung von PS													
	1/2		1		2		5		10		15		20	
	nicht kleiner als	nicht größer als	nicht kleiner als	nicht größer als	nicht kleiner als	nicht größer als	nicht kleiner als	nicht größer als	nicht kleiner als	nicht größer als	nicht kleiner als	nicht größer als	nicht kleiner als	nicht größer als
200	90	1725	110	1925	140	2125	200	2350	265	2500	340	2700	380	2850
300	80	1150	100	1250	125	1425	185	1575	255	1675	320	1800	360	1900
400	75	855	95	960	115	1060	170	1075	240	1250	300	1350	340	1420
750	65	460	80	500	100	570	145	730	200	670	245	720	275	760
1000	60	345	75	385	90	425	130	470	180	500	215	540	240	570
1250	55	275	70	310	80	340	120	375	160	400	185	430	220	460
1500	50	230	60	250	75	285	110	315	150	335	170	360	200	380

Die in der Preisliste als kleinstzulässig angegebenen Riemenscheibendurchmesser der Elektromotoren sind keinesfalls zu unterschreiten.

2. Bemessung des umspannten Bogens.

a) Achsenabstand.

Kleinst zulässiger Achsenabstand in m,
abhängig vom Durchmesser der Riemenscheiben.

Durchm. d. kleineren Scheibe mm	Durchmesser der größeren Scheibe in mm										
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
50	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	1,9	2.2	2,4	2,75	2.90
100	—	0.5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,50	2,75
150	-	—	0,6	0,8	1,1	1,30	1,6	1,9	2,1	2,4	2,6
200	—	—	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2.0	2,25	2,50
250	—	—	—	0,6	0,9	1,10	1,3	1,6	1,9	2,1	2,4
300	—	—	—	0,5	0,75	1,0	1,25	1.5	1,75	2,0	2,25
350	—	—	—	—	0,70	0,9	1,1	1,4	1,6	1,9	2,1
400	—	—	—	—	0,6	0,8	1,0	1,25	1.5	1,75	2.0
450	—	—	—	—	—	0,75	0,9	1.1	1,4	1,6	1,9
500	—	—	—	—	—	0.7	0,9	1.0	1,25	1,5	1,75

Höchst zulässiger Achsenabstand,
abhängig von der Riemenbreite,

Für eine Riemenbreite von cm	6	8	10	12	14	16	18	20
soll der Achsenabstand nicht mehr betragen als m	5,2	5,6	6,0	6.4	6.8	7,2	7.6	8,0

Normaler Achsenabstand in m.
Der normale Achsenabstand ist von den Durchmessern der Riemenscheiben und von der Breite der Riemen abhängig.

Unterschied der Scheibendurchmesser mm	Riemenbreite in cm							
	6	8	10	12	14	16	18	20
400	3.1	3,3	3,5	3,7	3.9	4,1	4,3	4.5
500	3.2	3,4	3,6	3.8	4.0	4.2	4,4	4,6
600	3,4	3.6	3,8	4.0	4.2	4.4	4,6	4.8
700	3.5	3,7	3,9	4.1	4.3	4.5	4.7	4.9
800	3.6	3.8	4.0	4,2	4,4	4,6	4.8	5.0
900	3,7	3.9	4,1	4,3	4,5	4,7	4,9	5,1
1000	3.9	4,1	4,3	4.5	4,7	4.9	5,1	5,3
1100	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4
1200	4.2	4.4	4,6	4,8	5,0	5,2	5.4	5.6
1400	4,4	4.6	4.8	5.0	5.2	5,4	5,6	5,8

b) Wahl des Uebersetzungsverhältnisses.

Anordnung des Antriebes	Höchstzulässiges Uebersetzungsverhältnis bei					
	höchstzulässigem	normalem	kleinstzulässigem	höchstzulässigem	normalem	kleinstzulässigem
	Achsenabstand:			Achsenabstand:		
Annähernd wagerecht	Unteres Trum ziehend			Oberes Trum ziehend		
	10 : 1	8 : 1	6 : 1	7 : 1	6 : 1	5 : 1
Schräg nach unten	Unteres Trum ziehend			Oberes Trum ziehend		
	8 : 1	6,5 : 1	5 : 1	5 : 1	4,5 : 1	4 : 1
Schräg nach oben	Unteres Trum ziehend			Oberes Trum ziehend		
	7 : 1	6 : 1	5 : 1	5 : 1	4,5 : 1	4 : 1
Senkrecht nach oben oder unten	Nach unten treibend			Nach oben treibend		
	6 : 1	5 : 1	4 : 1	5 : 1	4 : 1	3 : 1

c) Anordnung des Triebes.

Grundsatz: Möglichst beide Achsen in gleiche Höhe setzen, unteres Trum treiben lassen. Treibt der Riemen schräg nach unten, so muß ganz besonderer Wert darauf gelegt werden, daß das untere Trum zieht. Die Anordnung „beide Wellen untereinander" soll möglichst vermieden werden, vor allem, wenn die kleinere, treibende Scheibe unterhalb der größeren, getriebenen sich befindet. Lassen sich örtlicher Umstände wegen ungünstige Anordnungen nicht umgehen, so kann der Riementrieb durch Anwendung einer Spannrolle verbessert werden (siehe unter 4).

3. Bemessung der Riemenspannung.

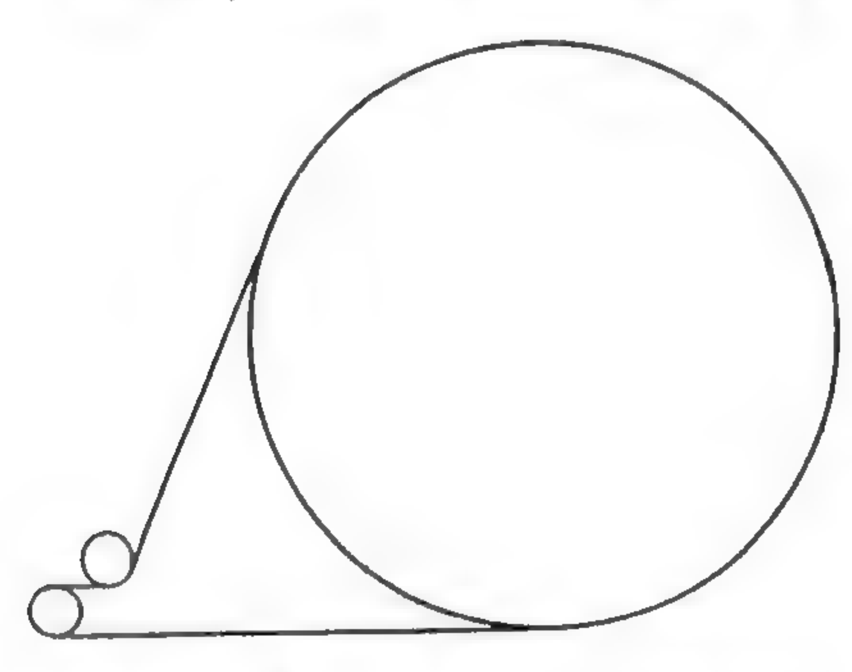
Je geringer die Spannung, um so günstiger die Kraftübertragung.

Jeder Riemen muß etwas angespannt sein, sonst kann er nicht ziehen. Die nötige Vorspannung ist jedoch weit geringer als gewöhnlich angenommen wird. Derjenige Riemen wird den geringeren Kraftverlust verursachen, der mit der geringsten Spannung gut durchzieht; er wird zugleich die Lager am wenigsten beanspruchen. Daher ist die Anordnung die günstigste, die die geringste Vorspannung zur Erzielung der notwendigen Reibung nötig hat.

Man verwende daher stets Spannvorrichtungen, die das Einstellen des günstigsten Riemenzuges zulassen; das sind Spannschienen und Riemenwippen. Letztere sind für horizontalen und vertikalen Riemenzug für Montage am Fußboden und an der Wand verschieden ausgeführt. Ein sehr geeignetes Mittel, das gestattet, mit geringer Riemenspannung auszukommen, ist die Spannrolle.

4. Anwendung von Spannrollen.

Wenn nur kleine Riemenscheibendurchmesser angewendet werden können, wenn Achsenabstände oder Uebersetzungsverhältnisse einen zu kleinen umspannten Bogen der Riemenscheibe bedingen, wenn örtliche Verhältnisse eine ungünstige Anordnung des Triebes nicht vermeiden lassen, so können durch Anwendung einer Spannrolle (auch Druckrolle oder Lenixgetriebe genannt) fast in allen Fällen die Betriebsverhältnisse außerordentlich verbessert werden.



Verbesserung eines an sich ungünstigen Riementriebes durch Anwendung einer Spannrolle. (S. auch Abb. 11 auf S. 189.)

Spannrollen ermöglichen die Verminderung des Achsenabstandes bis auf den Durchmesser der großen Riemenscheibe, sie erlauben eine Vergrößerung des Uebersetzungsverhältnisses bis etwa 20 : 1 und führen eine Verminderung der Riemenspannung herbei, die sich bei offenen Riemen nicht erreichen läßt.

5. Bemessung der Riemenbreite.

Anzahl der von je 1 cm Riemenbreite zu übertragenden PS.

Durchm. d. kleineren Riemenscheibe in mm	Umlaufzahl in einer Minute																		
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000
50	*	*	*	*	*	*	*	0.07	0,07	0,08	0.08	0,09	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16
75	*	*	*	*	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.22	0.24	0.26
100	*	*	*	0.08	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.37	0.40
125	*	*	0.09	0.12	0.16	0.19	0.21	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35	0.38	0.41	0.45	0.48	0.51	0.54	0.58
150	*	0.09	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.33	0.37	0.41	0.45	0.50	0.54	0.60	0.64	0,70	0.74	0.80	0.84
175	0,08	0.12	0.16	0.20	0.26	0.32	0.38	0.44	0.50	0,56	0.62	0.68	0.74	0.81	0.88	0.95	1.03	1.10	1.18
200	0.10	0.15	0.20	0.25	0.33	0.41	0,49	0.58	0.66	0.75	0.83	0.92	1.01	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60
225	0.12	0.18	0,24	0,31	0.40	0,50	0.60	0.70	0.81	0.92	1,03	1.14	1.27	1,40	1.55	1.70	1,85	2.00	**
250	0.14	0.21	0.30	0.38	0.50	0,62	0.75	0.88	1.00	1.13	1.29	1.45	1.62	1.80	1.99	2.20	**	**	**
275	0,16	0,26	0.36	0.46	0.60	0,75	0.92	1.09	1.26	1.44	1.62	1.80	2.00	2.20	2.41	**	**	**	**
300	0.18	0,30	0.42	0.55	0.73	0.92	1.12	1.33	1.54	1.75	1.96	2.18	2.40	2.60	**	**	**	**	**
325	0,21	0.36	0.50	0.65	0.85	1.06	1.28	1.53	1.78	2.03	2.28	2.53	2.78	**	**	**	**	**	**
350	0.24	0.42	0.59	0,76	0.98	1.20	1,47	1.76	2.05	2.35	2.68	3.03	**	**	**	**	**	**	**
375	0.28	0,47	0.67	0.87	1.12	1.37	1.67	2.00	2.32	2.67	3.02	**	**	**	**	**	**	**	**
400	0,33	0,55	0.77	1.00	1.28	1.58	1.88	2.25	2.63	3.00	3.38	**	**	**	**	**	**	**	**
425	0.38	0,61	0 86	1.13	1.40	1.73	2.07	2.48	2.91	3.25	**	**	**	**	**	**	**	**	**
450	0.42	0.68	0.95	1.25	1.55	1.89	2.30	2.73	3.20	3.78	**	**	**	**	**	**	**	**	**
475	0.46	0,75	1.05	1.37	1.70	2.08	2.52	3.00	3.58	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
500	0,50	0.83	1,15	1.50	1.86	2.30	2.75	3.30	3.93	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
525	0.53	0.89	1.24	1.63	2.03	2.50	3.00	3.63	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
550	0.56	0.95	1.32	1.73	2.20	2.68	3.25	3,95	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
575	0.60	1.00	1,42	1.86	2.35	2.90	3.55	4.25	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
600	0.64	1.06	1.51	2.00	2.50	3.13	3.83	4.57	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

* Zu kleine Durchmesser. ** Zu hohe Geschwindigkeiten.

Transmissionswellen.

Zu übertragende Leistung PS	Durchmesser der Wellen in mm bei einer Umdrehungszahl in einer Minute von													
	60	80	100	120	140	160	180	200	225	250	275	300	350	400
1	45	45	40	40	35	35	35	35	35	35	30	30	30	30
2	55	50	50	45	45	40	40	40	40	40	35	35	35	35
3	60	55	50	50	50	45	45	45	45	40	40	40	40	40
4	65	60	55	55	50	50	50	50	45	45	45	45	40	40
5	65	60	60	55	55	55	50	50	50	50	45	45	45	45
6	70	65	60	60	55	55	55	50	50	50	50	50	45	45
7	75	70	65	60	60	55	55	55	55	50	50	50	50	45
8	76	70	65	65	60	60	55	55	55	55	50	50	50	50
9	75	70	70	65	65	60	60	60	55	55	55	50	50	50
10	80	75	70	65	65	60	60	60	55	55	55	55	50	50
11	80	75	70	70	65	65	60	60	60	55	55	55	55	50
12	85	75	75	70	65	65	65	60	60	60	55	55	55	50
13	85	80	75	70	70	65	65	65	60	60	60	55	55	55
14	85	80	75	75	70	70	65	65	60	60	60	60	55	55
15	85	80	75	75	70	70	65	65	65	60	60	60	55	55
16	90	85	80	75	70	70	70	65	65	65	60	60	60	55
17	90	85	80	75	75	70	70	65	65	65	60	60	60	55
18	90	85	80	75	75	70	70	70	65	65	65	60	60	60
19	90	85	80	80	75	75	70	70	65	65	65	65	60	60
20	95	85	85	80	75	75	70	70	70	65	65	65	60	60
25	100	90	85	85	80	80	75	75	70	70	70	65	65	60
30	105	95	90	85	85	80	80	75	75	70	70	70	65	65
35	105	100	95	90	85	85	80	80	80	75	75	75	70	70
40	110	105	100	95	90	85	85	85	80	80	75	75	70	70
45	115	105	100	95	95	90	85	85	85	80	80	75	75	70
50	115	110	105	100	95	90	90	85	85	85	80	80	75	75
55	120	110	105	100	95	95	90	90	85	85	85	80	80	75
60	120	115	110	105	100	95	95	90	90	85	85	85	80	75
65	125	115	110	105	100	100	95	95	90	90	85	85	80	80
70	125	120	110	105	105	100	95	95	90	90	90	85	85	80
75	130	120	115	110	105	100	100	95	95	90	90	85	85	80
80	130	120	115	110	105	105	100	100	95	95	90	90	85	85
85	135	125	120	115	110	105	100	100	95	95	90	90	85	85
90	135	125	120	115	110	105	105	100	100	95	95	90	90	85
95	135	130	120	115	110	110	105	100	100	95	95	90	90	85
100	140	130	120	115	115	110	105	105	100	100	95	95	90	85
105	140	130	125	120	115	110	105	105	100	100	95	95	90	90
110	140	130	125	120	115	110	110	105	105	100	100	95	90	90
115	145	135	125	120	115	115	110	105	105	100	100	95	95	90
120	145	135	130	120	120	115	110	110	105	100	100	100	95	90

Abstand der Lager bei normalen Triebwerkwellen.

(Gemessen von Mitte zur Mitte).

Bei einem Wellendurchmesser von mm	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Abstand der Lager nicht größer als m	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5

Diese Werte geben nur einen ersten Anhalt für die Anordnung. Oertliche Verhältnisse, wie Stellung der Arbeitsmaschinen, Lage der Riemenscheiben zu den Lagern, Abmessungen der Gebäudeteile (Säulen-, Balken- und Trägerabstände) bestimmen die notwendigen Lagerabstände endgiltig.

Seiltriebe.

Zur Uebertragung von Kräften über 100 PS und zum Antrieb mehrerer Wellen in verschiedenen Räumen von derselben Hauptwelle aus verwendet man meist Seiltriebe. Ebenso nimmt man Seiltriebe für Uebertragung bei sehr großen Achsenabständen.

Das **Uebersetzungsverhältnis** wähle man bei verhältnismäßig kleineren Achsenentfernungen nicht über 1 : 6; nur bei großen Entfernungen kann man höher gehen.

Die Berechnung der Gegenscheibendurchmesser erfolgt hier genau wie bei Riemenantrieben, nur ist der Seilrutsch geringer als der Riemenrutsch und kann mit ca. 2 % angenommen werden; statt 1,03 bei Riemen ist also 1,02 einzusetzen. Die Auswahl der Seile geschieht nach untenstehender Tafel.

Tabelle über die Anwendung von Hanfseilen.

Seil-durch-messer mm	Kleinster Scheiben-durchmesser in mm		Zulässige Nutzbelastung eines Seiles in kg	Uebertragbare Pferdestärken eines Seiles bei einer Seilgeschwindigkeit in m pro Sekunde von			
	für Hanfseil	für Baumwollseil		10	15	20	25
30	900	600	45	6	9	12	15
35	1050	700	60	8	12	16	20
40	1200	800	80	10,5	16	21	26,5
45	1350	900	100	13,3	20	26,6	33,3
50	1500	1000	125	16,6	25	33,3	41,6

Die erforderliche **Anzahl der Seile** ergibt sich aus der Division der gesamten zu übertragenden PS durch den für den bestimmten Fall in Frage kommenden Wert der stark umrahmten Tabelle.

Die Seilgeschwindigkeit v ergibt sich nach der Formel:

$$v = \frac{n \times d \times 3{,}14}{60 \times 1000} \text{ in m pro Sekunde,}$$

worin bedeutet:

n = Umdrehungszahl einer der Scheiben pro Minute,
d = Durchmesser derselben Scheibe in mm.

Transport und Aufstellung von Elektromotoren.

Für den sachgemäßen Transport können nur allgemeine Regeln angegeben werden, wie sie für täglich vorkommende Verhältnisse passen. Diese Regeln müssen unbedingt der besonderen Oertlichkeit und insbesondere der Größe der zu transportierenden Motoren angepaßt werden. Die nachstehenden Vorkehrungen sind für Motoren mittlerer Größe etwa bis zu 20—30 Pferdestärken bestimmt. Für ganz kleine Motoren bis zu etwa 50 kg Gewicht kann man sich mehr auf Menschenkraft verlassen. Bei größeren Maschinen dagegen, welche hier nicht behandelt sind, muß man doch weitergehende Vorkehrungen an Rüstungen und Transportmitteln beschaffen, die dann noch von Fall zu Fall besonders durchdacht und angeordnet werden müssen.

Bei allen Transporten von Elektromotoren auf **wagerechten** Ebenen ist darauf zu achten, daß die Maschine nie direkt auf Stein- oder Eisenboden bewegt wird, sondern stets von diesem durch Holz getrennt ist. Wenn der Motor nicht auf die zum Versand üblichen Fußleisten aufgeschraubt ist, soll man ihn wenigstens lose auf ein Bohlenstück oder äußerst auf zwei Balkenenden stellen, die zum Schutze der Gußfüße gegen Bruch auch meist ausreichen. Um einen Motor auf dieser Holzzwischenlage fortzubewegen, muß man eine Walze unterschieben, die gewöhnlich aus einem Stück ein- oder zweizölligen Gasrohres besteht. Um die Walze aber unterschieben zu können, muß mittels Brecheisens (Hebebaums) die Holzzwischenlage mit Motor angehoben werden. Da dies aber mit einem Hub nur 1 bis 2 cm möglich ist, schiebt man nach dem Anheben in die dabei entstehende Spalte einen Holzkeil, um dann erst mit dem Eisen nachzufassen und weiter zu heben (Abb. 1).

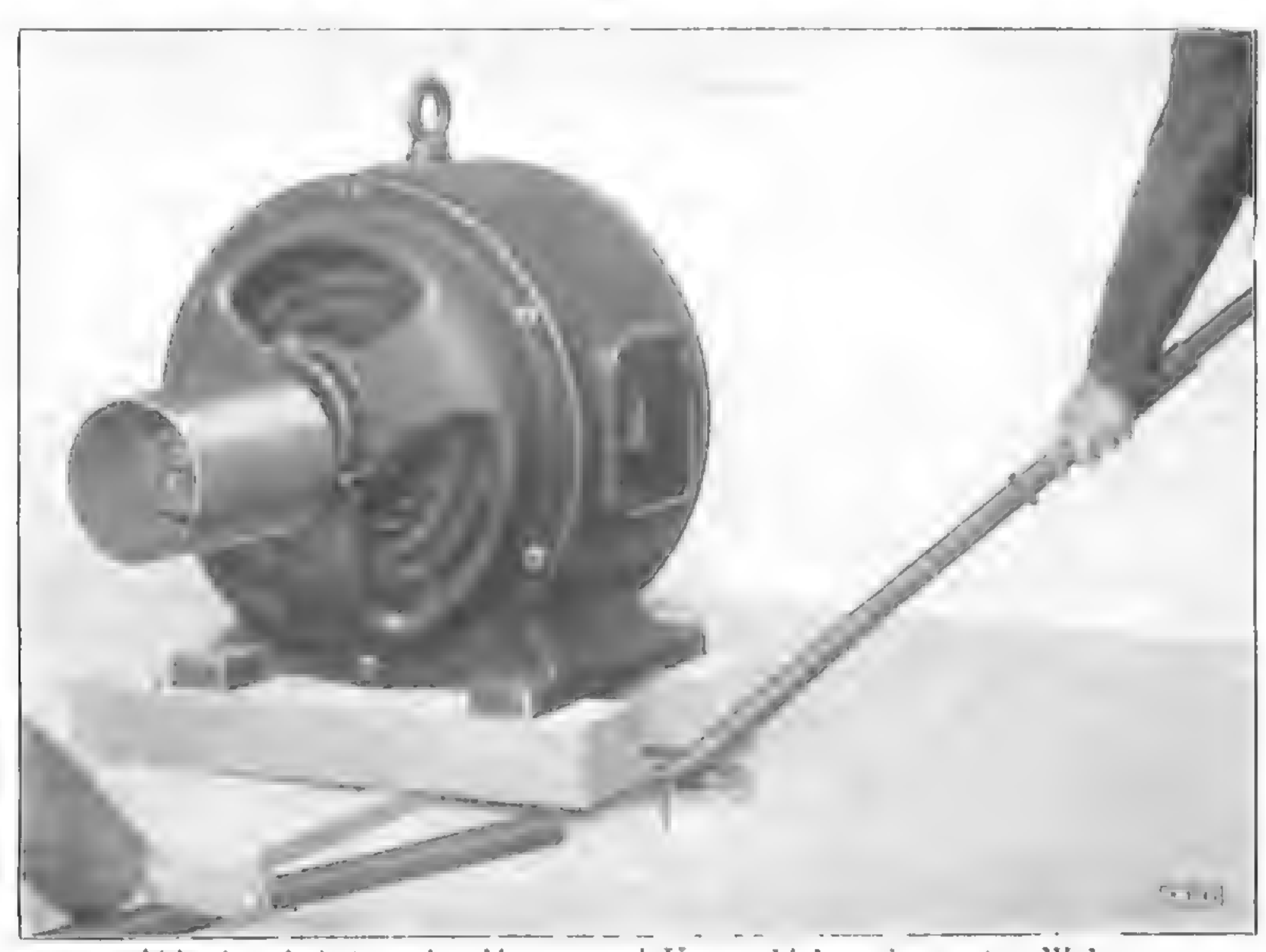


Abb. 1. Anheben des Motors und Unterschieben der ersten Walze.



Abb. 2. Wagerechter Transport im Anschluß an das Abladen des Motors.

Meist muß man unter das Brecheisen noch Beilagen legen, um diejenige Höhe zu erzielen, die zum Unterschieben der Walze nötig ist. Bei allen diesen Vorgängen ist darauf zu achten, daß die Bewegung jeweils nur langsam und schrittweise, nur um ganz wenige Zentimeter erfolgt, da schwere Massen nie in schnelle Bewegung kommen dürfen. Ist die erste



Abb. 3. Richtungswechsel (Schwenkung) beim wagerechten Transport.

Walze untergeschoben, so wälzt man den Motor so weit vorwärts, bis sie etwa mitten unter ihm liegt (Abb. 2). Dann kann man den Motor leicht ankippen, um an der gehobenen Seite eine zweite, gleich dicke Walze unterzulegen. Beim Weiterschieben wird die erste Walze frei, während dann die zweite etwa mitten unter dem Motor liegt (Abb. 3). Man braucht jetzt nur die erste Walze ebenso wie vorher die zweite nach vorn unterzulegen, um in dieser Weise den Horizontaltransport in gerader Richtung beliebig fortsetzen zu können. Will man aber einen Richtungswechsel ausführen, so legt man beim Walzenwechsel die vorn unterzulegende Walze nicht parallel zur festliegenden Walze, sondern in einen Winkel zu dieser, der etwa halb so groß ist als die beabsichtigte Schwenkung ausmachen soll.



Abb. 4. Aufladen eines Motors. Ueber die Flacheisen auf den Bohlen gleitet der Motor leicht nach oben, wenn der auf dem Wagen stehende Mann das Seil kräftig anzieht.

Während beim Horizontaltransport stets die rollende Reibung von Walzen genügt und kein weiteres Festhalten des Motors nötig ist, soll man bei allen Schrägtransporten Walzen ganz vermeiden und stets den Motor noch durch Seile und dergleichen abfangen. Beim Schrägtransport würden Walzen nämlich gar zu leicht den Motor in eine beschleunigte Bewegung geraten lassen, die dann häufig nicht mehr aufzuhalten ist. Selbst die gleitende Reibung gestattet vielfach ein Rutschen noch so weit, daß man sich auf die Kräfte der Bedienungsmannschaft nicht allein verlassen darf, sondern ein Abfangen des Motors notwendig ist.

Wenn irgend möglich, sollte ein Schrägtransport nur auf einer Bohlenbahn gemacht werden, da ein stufenweiser Transport durch „Unterklotzen“ immer schwierig und nie ganz unbedenklich ist. Der häufigste Schrägtransport ist natürlich das **Auf- und Abladen** von Motoren



Abb. 5. Zum Abladen des Motors wird er leicht angekippt und die Bohlen untergeschoben.

auf Wagen. Die Bohlen werden schräg gegen den Wagen gelegt, so daß sie die Plattform reichlich überragen (Abb. 4). Gegen unzulässiges Durchbiegen werden sie leicht durch eine leere Kiste gestützt. Hierbei ist darauf zu achten, daß die Kiste nicht von vornherein die Bohlen berühren darf, da sie dann beim späteren Durchbiegen der Bohlen kippt. Sie soll vielmehr nur bei zu starkem Durchbiegen von den Bohlen berührt werden, also wenn der Motor sich etwa über der Kiste befindet.



Abb. 6. Wenn der abzuladende Motor auf den Bohlen steht, werden diese unter Anspannen des Halteseiles nach unten gekippt.



Abb. 7. Der abzuladende Motor gleitet beim Nachlassen des Halteseiles nur, wenn man ihn am unteren Ende leicht anhebt.

Beim **Aufladen**, d. h. also beim Schrägtransport nach oben, ist die Reibung des Motors auf Holzbohlen leicht so groß, daß sie die Fortbewegung zu sehr behindert. Dem begegnet man am besten, indem man je ein Flacheisen auf die Bohlen legt, so daß nur die gleitende Reibung Eisen auf Eisen zu überwinden ist, die als bremsende Kraft aber noch ausreicht. Das Abfangen des Motors durch Seile geschieht in der Weise, daß um den Motorkörper oberhalb der Füße ein Doppelseil geschlungen und geknotet wird, das von dem noch untenstehenden Motor aus straff über die Wagenplattform und um diese herumgezogen wird. Der Wagen muß natürlich festgebremst oder durch Klötze an der Fortbewegung gehindert sein. Das straffe Seil läßt sich dann von dem auf dem Wagen stehenden Mann leicht heben, während der Motor unter sehr geringem Kraftaufwand der Mannschaft nach oben gleitet. Der dritte Mann, welcher das Ende des Seiles hält, hat lediglich das Seil straff zu halten, insbesondere wenn der obenstehende Mann nachfaßt. Ist der Motor weit genug nach oben gezogen, so kann man die Bohlen leicht ankippen und herausziehen.

Dieser letzte Vorgang ist ganz ähnlich dem umgekehrten beim **Abladen**, dem Unterschieben der Bohlen unter den abzuladenden Motor (Abb. 5). Das Halteseil wird hier nicht so scharf um den Wagen geschlungen, da es beim Herablassen direkt nachgelassen werden muß (Abb. 6). Steht der Motor auf den Bohlen an der Wagenkante, so wird er unter Straffhalten des Seiles gekippt uud gleitet unter der bremsenden Kraft der Reibung auf Holz bei leichtem Anheben des unteren Motorendes langsam abwärts (Abb. 7). Schließt sich an den Schrägtransport, wie es meist ist, ein Horizontaltransport an, so tut man gut, den Motor gleich auf die hierzu nötige Bohlenunterlage gleiten zu lassen (Abb. 2).

Handelt es sich um größere Höhenunterschiede oder etwas schwerere Maschinen, so muß das einfache Seil durch ausreichend kräftige Flaschenzüge ersetzt werden, die ein ganz allmähliches Nachlassen gefahrlos gestatten (Abb. 8). Dabei muß die bremsende Reibung noch so groß sein, daß erst nach leichtem Anheben des Motors mit Brecheisen ein Rutschen zustande kommt. Wie die Abb. 8 zeigt, werden solche Motoren dann auch oben und unten mit dem Flaschenzug verbunden, so daß auch seitliches Kippen nicht ohne weiteres möglich ist. Für solche Transporte ist ein zuverlässiger Befestigungspunkt für den Flaschenzug zu schaffen, dessen Anordnung jedoch so von der Oertlichkeit abhängt, daß hierfür Weisungen nicht gegeben werden können.

Senkrechte Transporte sind in der Regel am einfachsten, da zum Anfassen des Motors die vorgesehene Transportöse genügt und die Fortbewegung nur durch einen selbstsperrenden Flaschenzug von genügender Tragfähigkeit erfolgt. Besonders zu beachten ist also nur die Aufhängung des Flaschenzuges. Wenn hierfür nicht im Gebäude vorgesehene Haken, Träger oder dergl. in Frage kommen, muß man einen Transportbock beschaffen, an dessen wagerechten Balken der Flaschenzug aufgehängt wird. Hierzu ist stets ein doppeltes Seil zu nehmen (Abb. 9), so daß beide Seile den Flaschenzug gleichzeitig tragen.

Schwieriger werden solche Vertikaltransporte, wenn der Motor mit den Füßen nach oben bewegt werden muß, wie es bei der Befestigung an der Decke nötig ist (Abb. 9). Wenn möglich soll man hierzu über der Befestigungsstelle des Motors ein Loch in die Decke machen, durch welches die Kette des Flaschenzuges geführt wird, der im oberen Stockwerk aufgehängt ist und von dort auf Kommando von unten bewegt



Abb. 8. Schwerer Schrägtransport abwärts. Der Motor ist doppelt gefaßt und von einem selbstsperrenden Kettenflaschenzug gehalten.



Abb. 9. Montage eines Motors an der Decke. Der Flaschenzug hängt im oberen Stockwerk. Das Halteseil muß die Füße freilassen.

wird. Abb. 9 zeigt außerdem das Anbinden des Motors, das hier besonders sorgfältig zu machen ist und so erfolgen muß, daß die Füße frei bleiben. Ist der Motor bis auf die für seine Befestigung vorgesehene Unterlage hochgezogen, so werden die Befestigungsbolzen eingezogen und das Seil erst nach dem Ausrichten entfernt (Abb. 10).

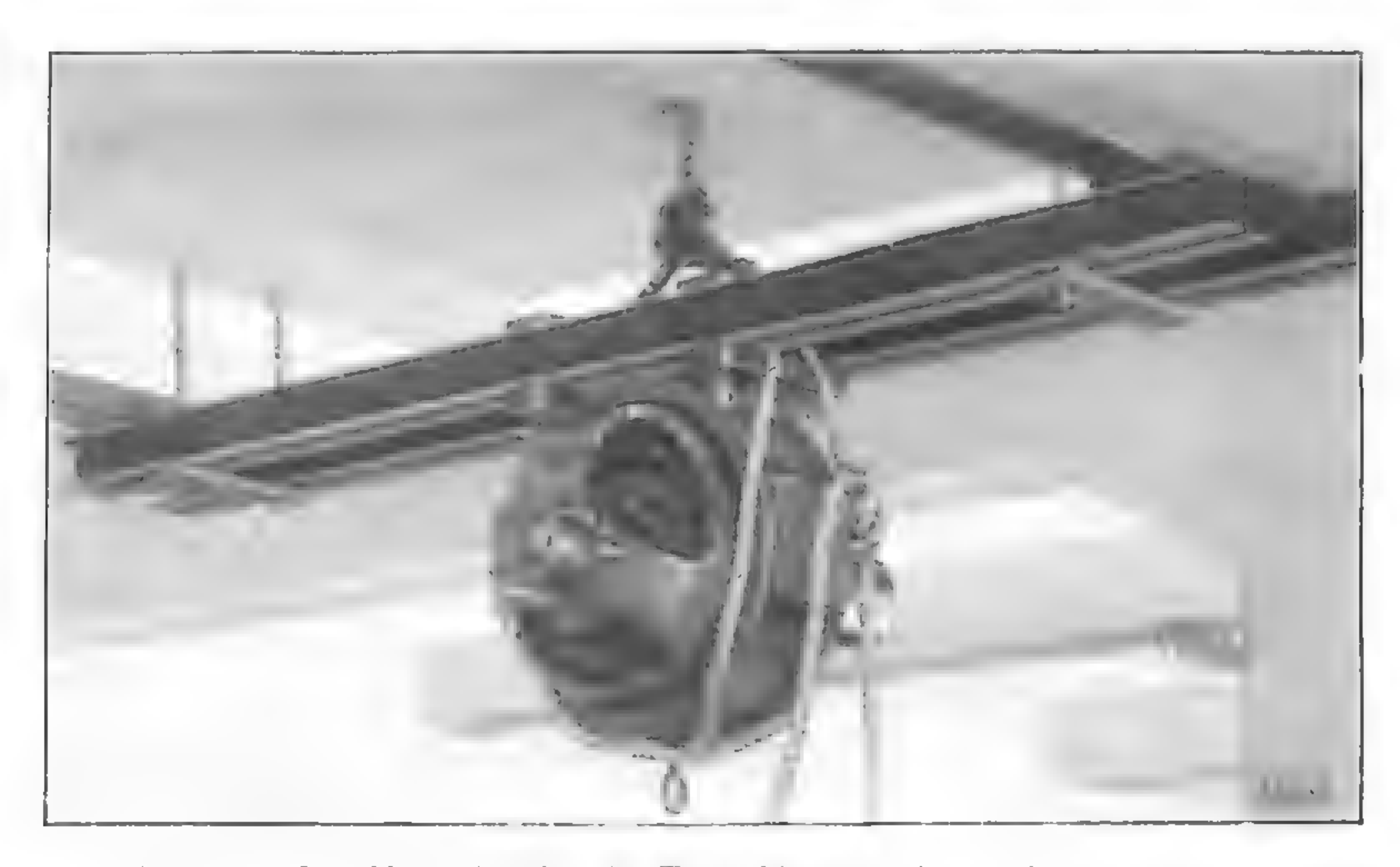


Abb. 10. Der Motor berührt die Tragschienen und wird festgeschraubt.

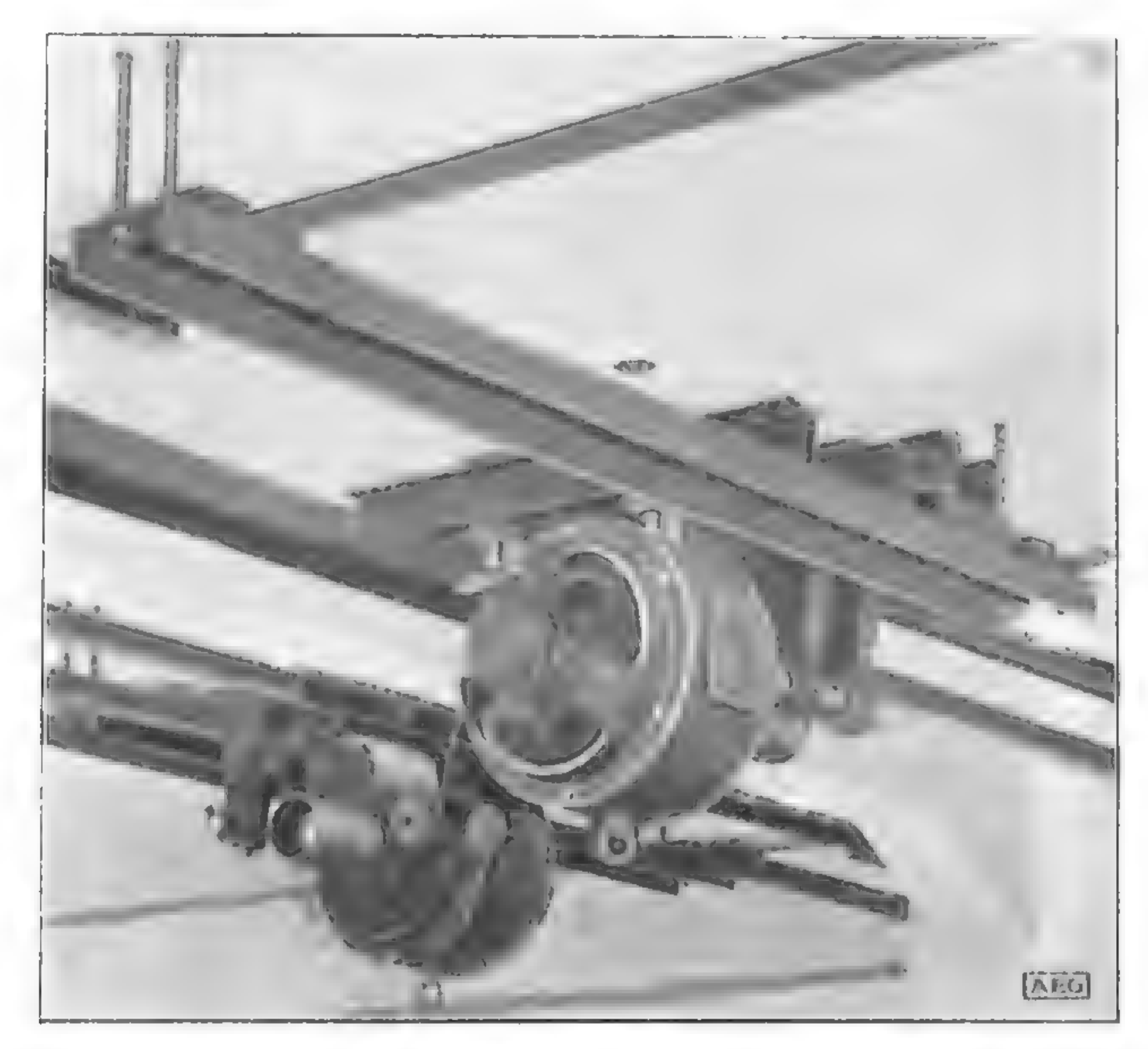


Abb. 11. Motoren mit Riemen-Spannrollen an der Decke fertig montiert
Ueber Spannrollen s. Seite 178.

Ist bei der Deckenbefestigung eine Mitbenutzung des oberen Stockwerkes nicht möglich, so muß man unterhalb der Decke plattformartige Rüstungen bauen, auf welche der Motor durch Schrägtransport aufgebracht wird. Sodann verbleibt nur das Umdrehen und eine ganz geringe Aufwärtsbewegung durch Unterklotzen, um den Motor an die Decke zu bringen.

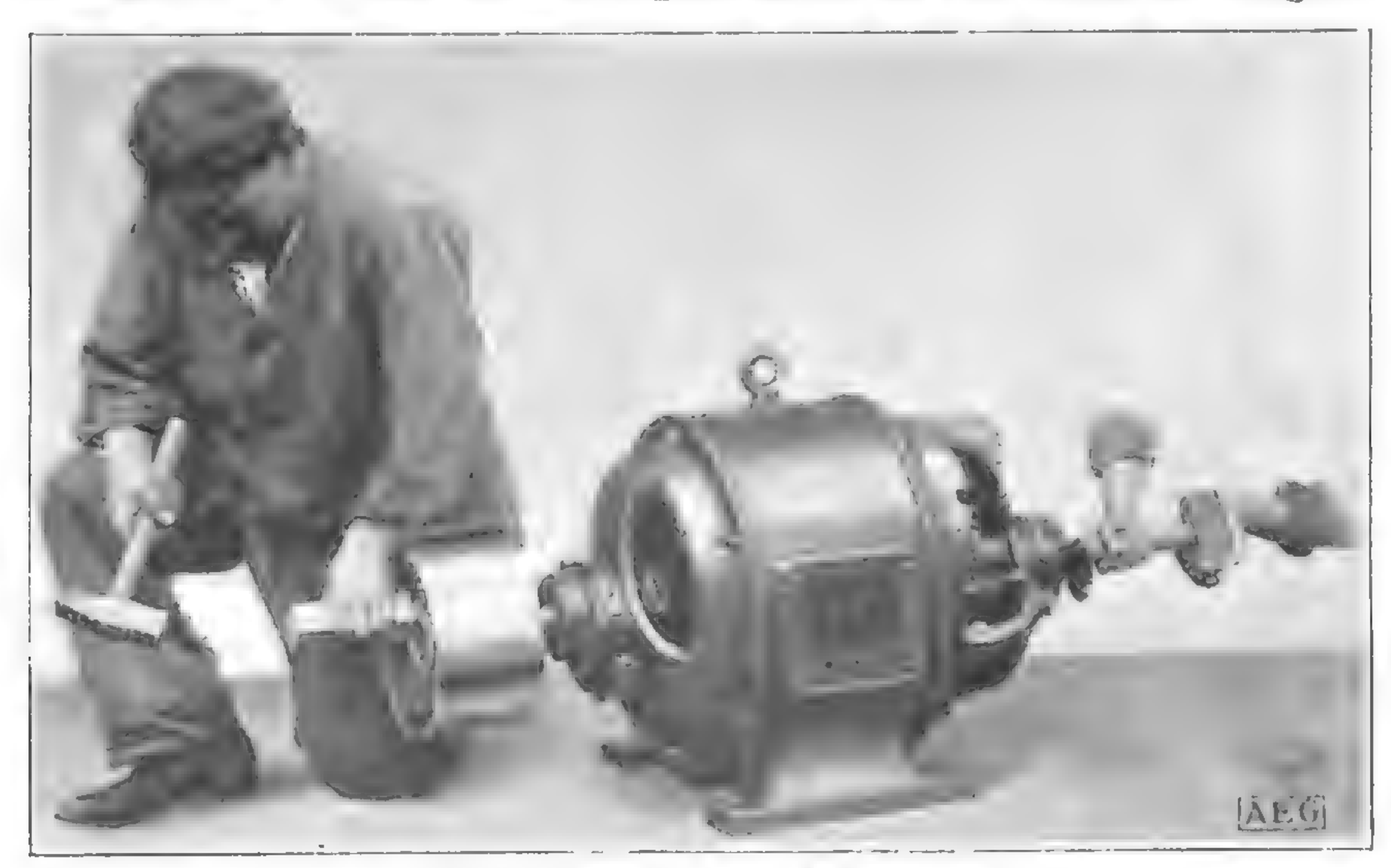


Abb. 12 Aufsetzen einer Riemenscheibe.



Abb. 13. Abziehen einer Riemenscheibe.

Zu den bei der Aufstellung von Motoren vorkommenden Arbeiten gehört in erster Linie das **Aufbringen der Riemenscheibe.** Eine gut passende Scheibe läßt sich nicht von Hand allein aufsetzen. Nachdem die Feder eingelegt ist, wird die Scheibe auf das äußerste Wellenende aufgesetzt und unter Zwischenlegen eines Holzklotzes mit leichten Schlägen weitergetrieben, während man den Holzklotz rings um die Nabe der Scheibe herumführt (Abb. 12). Beim Auftreiben der Riemenscheibe muß mit einem passenden Gegenstand, am besten mit einem kräftigen Hammerstiel gut vorgehalten werden, sonst treten Beschädigungen der Schmierringe und Lager ein. Die Stirnfläche der Welle soll mit der Nabe bündig abschließen. Sodann ist die Schraube anzuziehen, welche die Scheibe auf der Welle gegen Lockern sichert.

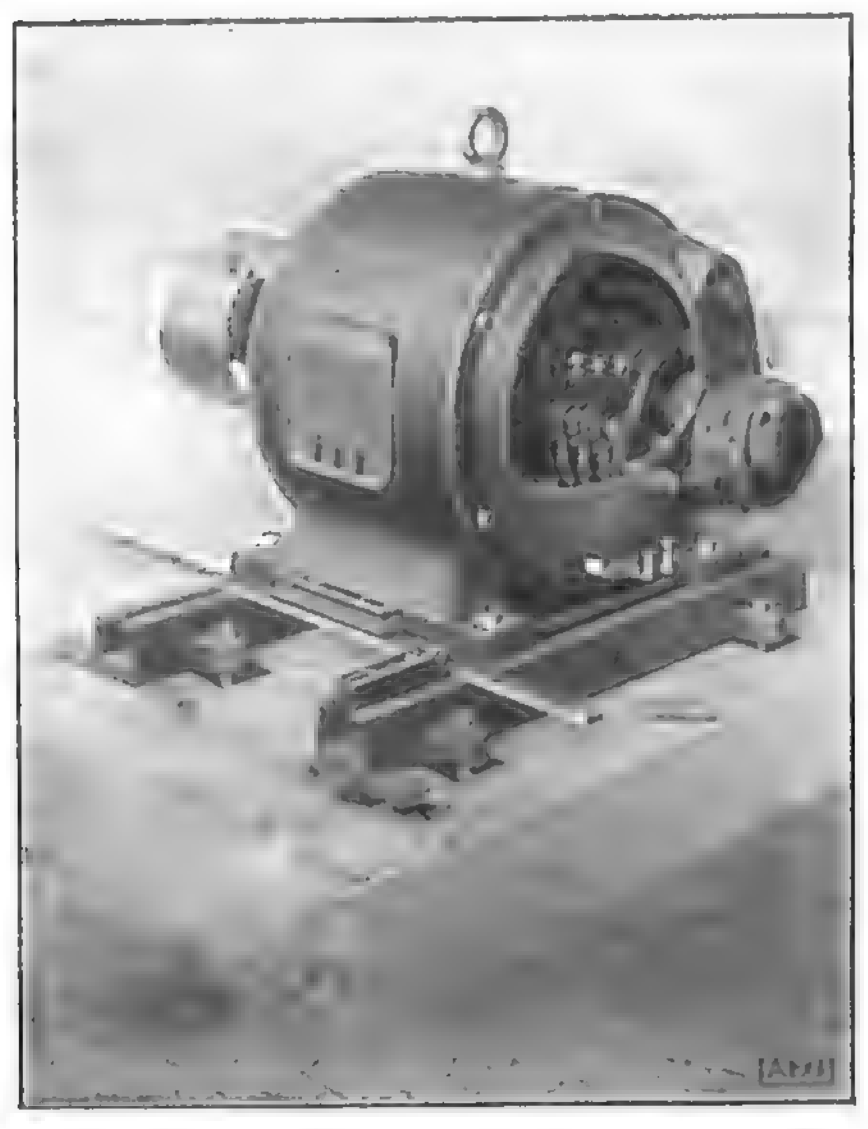


Abb. 14. Ausrichten nach der Wasserwage vor dem Vergießen.
Motor an den Schienen fest angeschraubt.

Fast ebenso häufig muß der Monteur eine Riemenscheibe abziehen. Dies ist zweckmäßig nur mit Hilfe einer Spindel zu bewerkstelligen (Abb. 13). Eine derartige Vorrichtung läßt sich für zahlreiche verschiedene Größen von Scheiben benutzen und, wenn nicht als Werkzeug vorhanden, auch leicht durch einen Bolzen mit Mutter und entsprechende Eisenbügel ersetzen.

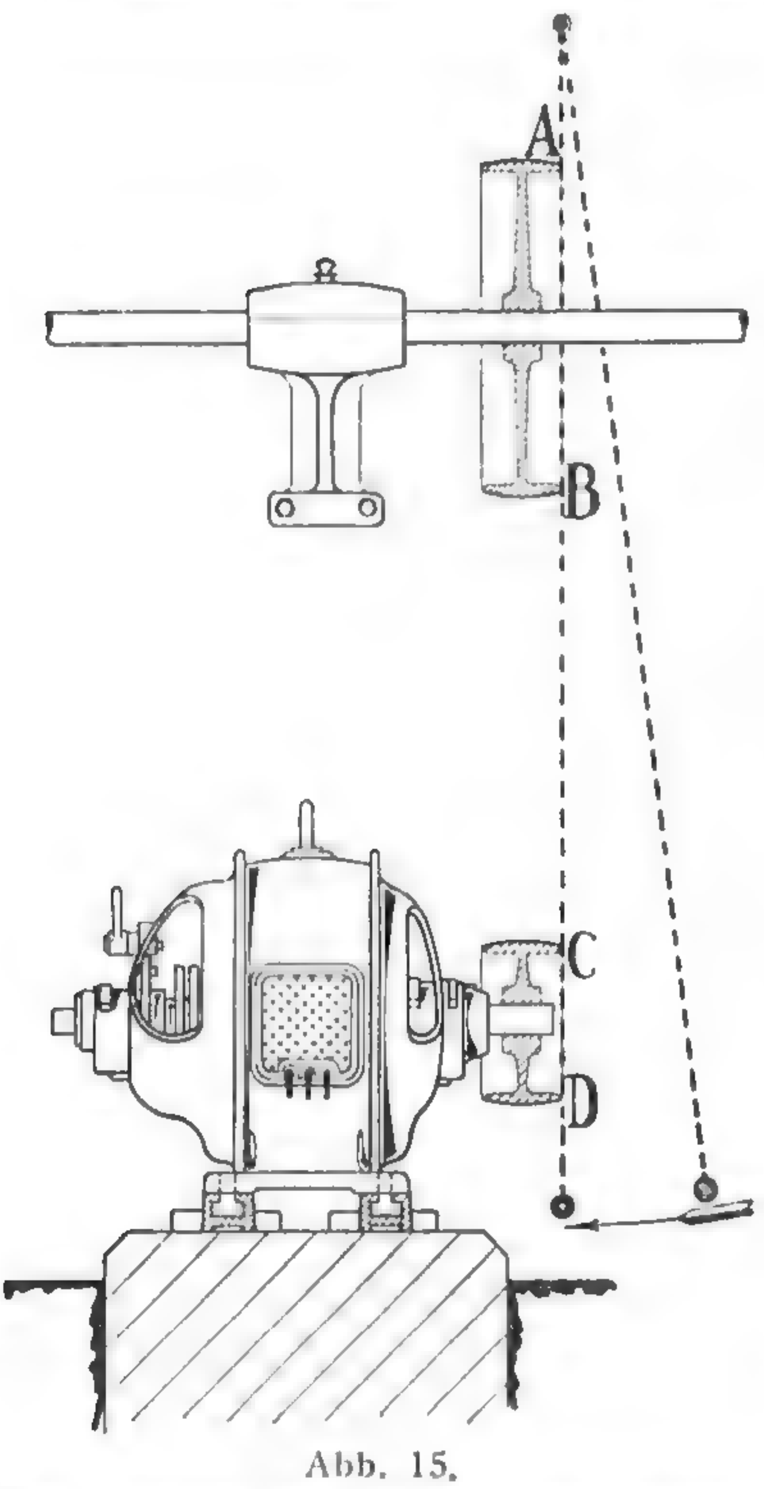


Abb. 15.
Bei schrägen und wagerechten Riemenantrieben ist die parallele Lage der Wellen nur gewährleistet, wenn bei gleichen Breiten der Riemenscheiben die vier Punkte A, B, C, D auf einer geraden Linie liegen.

Der untergestellte Klotz verhindert den Anker, an der Drehbewegung der Spindel teilzunehmen.

Das **Ausrichten eines Motors** für Riemenantrieb muß dem Vergießen der Spannschienen vorausgehen. Auf die lose auf das Fundament gelegten Schienen wird der Motor fest angeschraubt und so zunächst das Ganze ausgerichtet. Um die richtige wagerechte Stellung zu erlangen, wird die Wasserwage auf die bearbeitete Fläche der Fundamentschienen gelegt (Abb. 14) und durch Unterschieben von Keilen die Wage in ihre Mittelstellung gebracht. Als Keile sollen nur solche aus Eisen genommen werden, da Holzkeile sich leicht verändern und bei dem späteren Vergießen häufig aufquellen. Neben dem Ausrichten in der Längsrichtung der Schienen ist das gleiche in der Querrichtung zu machen, indem man ein Lineal, Richtlatte oder dergl. quer über die Schienen legt.

Wenn so die horizontale Lage der Spannschienen erreicht ist, beginnt das Ausrichten der Motorwelle zur Transmissionswelle und der Motorriemenscheibe zur Transmissionsriemenscheibe. Dabei sind zwei Bedingungen zu erfüllen:

1. Beide Wellen müssen genau parallel liegen;
2. Die Mittelebenen beider Riemenscheiben müssen zusammenfallen.

Um festzustellen, ob dies der Fall ist, müssen vor allem beide Riemscheiben aufmontiert sein. Einen Motor ohne Scheibe kann man für Riemenbetriebe nie genau montieren. Die genaue Lage der Wellen wird nun dadurch festgestellt, daß die rechtwinklig zu den Wellen liegenden Kranzebenen der beiden Scheiben parallel liegen. Verbindet man je zwei gegenüberliegende Punkte der beiden Scheibenkränze, so muß dies eine gerade Linie ergeben, d. h. alle vier Punkte müssen auf einer Geraden liegen (Abb. 15). In der Praxis geschieht diese Kontrolle so, daß man einen Bindfaden an die entferntere Kante der Gegenscheibe hält und das andere Ende langsam von außen gegen die Motorscheibe zu bewegt. Dann sieht man, welcher der drei übrigen Punkte sich zunächst dem Bindfaden nähert. Hiernach rückt man den Motor so, daß beide Punkte seiner Scheibe genau gleichzeitig mit dem dritten Punkt an der Gegenscheibe den Bindfaden berühren. Keiner der Punkte darf ihn früher, keiner später berühren (Abb. 16). Dann stehen die Wellen parallel. Nun versäume man nicht, nochmals die Probe mit der Wasserwage zu wieder-



Abb. 16. Motor steht noch nicht parallel zur angetriebenen Welle.

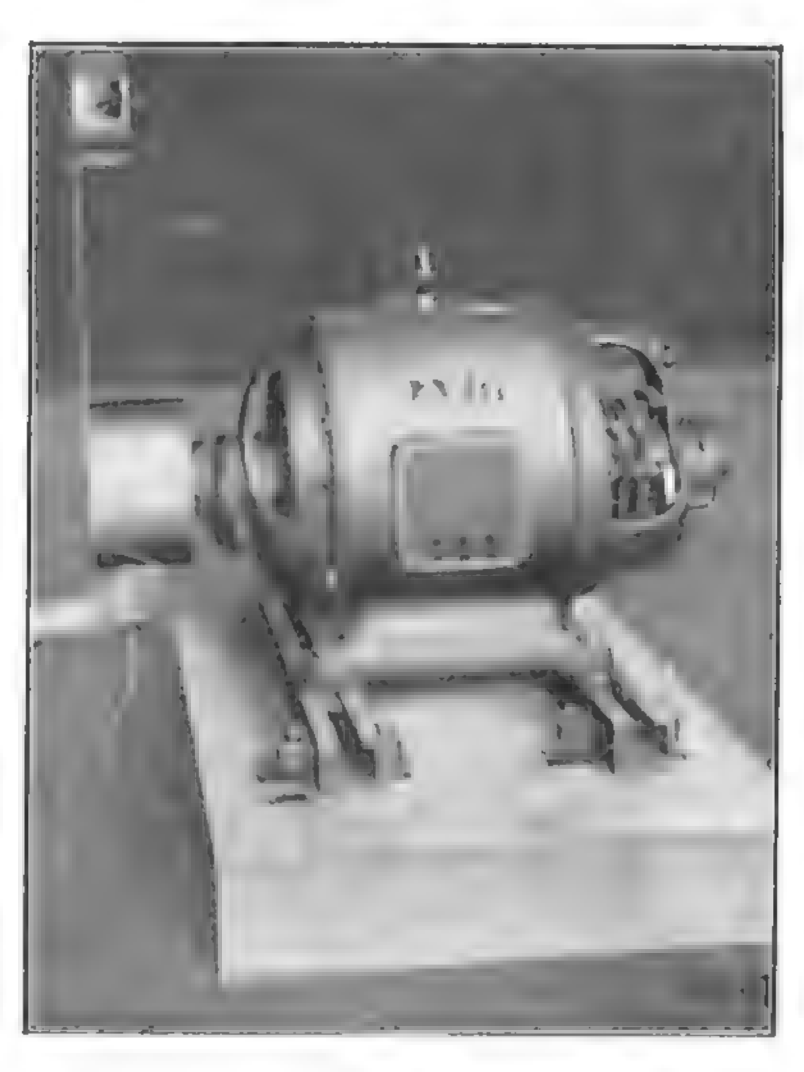


Abb. 17. Motor steht parallel zur angetriebenen Welle.

holen, da bei dem Ausrichten des Riemenlaufs die horizontale Lage verschoben sein kann, und erst wenn alle drei Proben — die beiden Stellungen der Wasserwage und die Bindfadenprobe — gleichzeitig stimmen (Abb. 17), schreite man zum Vergießen.

Das **Ausrichten von Maschinen**, die direkt gekuppelt werden sollen, ist für alle Arten der Kuppelung in gleicher Weise auszuführen. Es ist gleichgültig, ob es sich um starre Kupplungen (Flansch- oder Muffenkupplungen) oder um bewegliche (Band- oder Lederringkupplungen) handelt. In beiden Fällen müssen die Wellen nicht nur parallel, sondern in der gleichen Achslinie liegen; denn die bewegliche Kupplung ist erst in zweiter Linie dazu da, Ungenauigkeiten auszugleichen. In erster Linie soll sie die Uebertragung von Stößen verhindern. Bei allen ungeteilten Kupplungen, die vor dem Ausrichten aufgebracht werden müssen und dann das Wellenende fast ganz besetzen, kann man von der Wasserwage zum Ausrichten der Wellen zueinander kaum Gebrauch machen. Am besten eignet sich ein Werkzeug nach Art der Abb. 18, das für viele

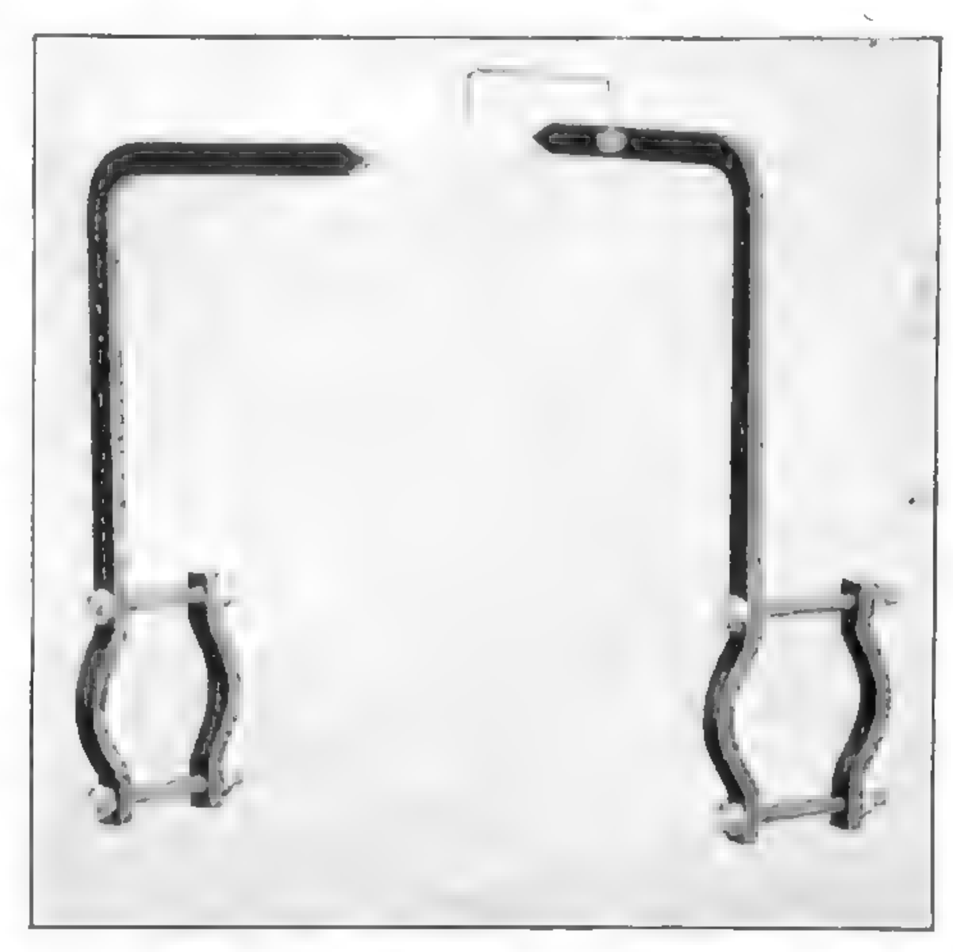


Abb. 18. Werkzeug zum Ausrichten direkt gekuppelter Maschinen. Anwendung s. Abb. 19

verschiedene Wellenstärken und unabhängig von der Art der Kupplung geeignet ist. Nachdem die Wellen nach dem bloßen Auge einigermaßen richtig gestellt sind, wird das Werkzeug aufgesetzt (Abb. 19) und so geschoben, daß ein möglichst kleiner Zwischenraum zwischen den Spitzen verbleibt. Wenn man jetzt die beiden Wellen gleichzeitig dreht, darf sich der Abstand von Spitze zu Spitze nicht verändern. Das ist ein Beweis, daß die Wellen parallel stehen. Die Spitzen dürfen aber auch nicht in ihrem Abstand von der Welle verschieden werden, da das auf eine verschiedene Lage der Achslinie schließen läßt. Erst wenn also die gegenseitige Lage der

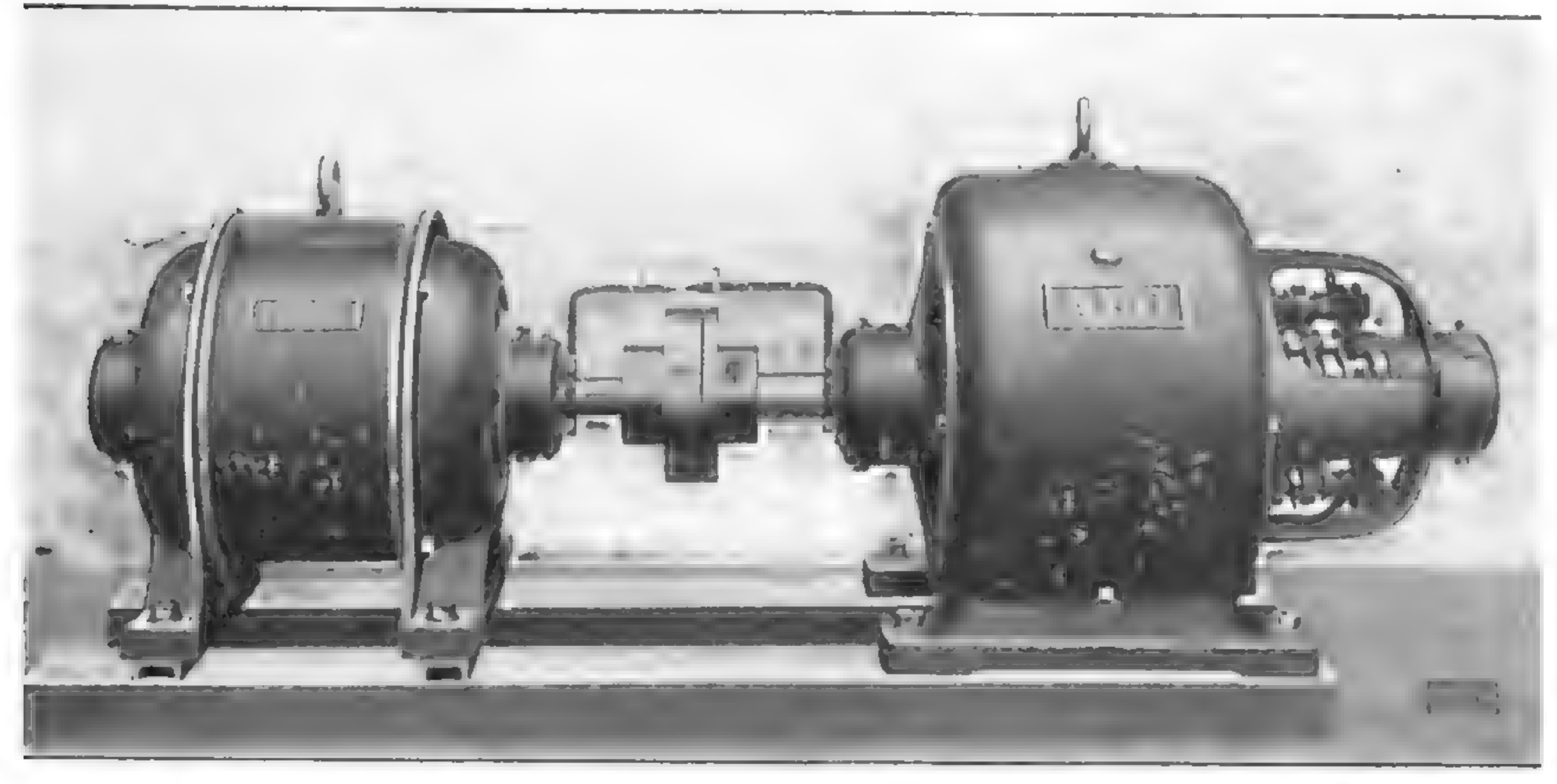


Abb. 19. Ausrichten zu kuppelnder Maschinen. Während einer vollen Drehung der Anker dürfen die Spitzen ihre Lage zueinander nicht ändern.

Spitzen bei der ganzen Drehung die gleiche bleibt, ist die richtige Stellung der Wellen zueinander erreicht. Natürlich darf das Spiel der Wellen in Richtung der Achse nicht störend mitwirken. Dazu drückt man schon vorher die Wellen gegeneinander, was schon deshalb nötig ist, um den richtigen Abstand der Maschinen voneinander festzustellen. Die Wellen sollen sich ohnehin nicht berühren, und für jede Kupplung wird dieser Zwischenraum vorgeschrieben. Erst nach sorgfältigem Ausrichten in der beschriebenen Weise darf das Festschrauben bzw. Vergießen der Maschinen und die weitere Montage der Kupplungen vorgenommen werden.

Wärmewirkung der Elektrizität.

Die elektrische Arbeit, die einen Leiter durchströmt, setzt sich in diesem in Wärme um. Je größer die Stärke des fließenden Stromes und je größer der Widerstand des Leiters ist, den er durchströmt, um so größer ist die erzeugte Wärmemenge. Bei dieser Umsetzung der elektrischen Arbeit in Wärme erzeugt eine Kilowattstunde 859 Wärmeeinheiten. Die Ausnutzung der auf elektrischem Wege erzeugten Wärme ist im allgemeinen recht hoch; der erzielte Wirkungsgrad beläuft sich auf etwa 80—90 %, kann aber auch in manchen Apparaten bis zu 98 % erreichen.

In der Praxis erzeugt daher

1 Kilowattstunde 700—800 Wärmeeinheiten.

10 kW können in 1/4 Stunde 20 Liter Wasser zum Sieden bringen,
2 „ „ „ 6 Stunden 100 „ „ auf 90 Grad erhitzen.

Die elektrisch erzeugte Wärme kann also entweder unter Aufwendung größerer Leistungen auf kurze Zeit zur sofortigen Verwendung schnell bereitgestellt werden (Schnellerhitzer), oder unter Aufwendung geringer Leistungen in längerer Zeit für spätere Verwendung zur Aufspeicherung kommen (Speichererhitzung). Der Verwendungszweck bestimmt, ob Schnellerhitzung z. B. beim Plätteisen, Nieterwärmer usw. in Anwendung kommt oder die Speichererhitzung wie bei der Wasservorwärmung usw.

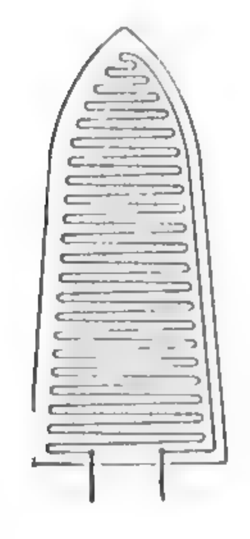


Abb. 1. Widerstandsheizung in einem elektrischen Plätteisen.

Je nach Art des Mittels, das zur Wärmeerzeugung benutzt wird, unterscheidet man:

1. **Widerstandsheizung,** welche für alle Stromarten und Spannungen angewendet werden kann. Bei ihr wird der elektrische Strom durch einen metallischen Leiter von erheblichem Widerstand geführt, den er erhitzt. Der Leiter ist in Form von Draht, Band oder in dünner Metall-Schicht in Isoliermaterial, meist Glimmer, Mikanit, Zement oder Asbest untergebracht und mit diesen nach Beifügung eines Bindemittels unter erheblichem Druck zu einem Heizkörper zusammengepreßt, der in unmittelbare Berührung mit dem zu erwärmenden Gegenstand gebracht wird. Derartige Heizkörper können hohe Temperaturen erzeugen und werden z. B. bei Plätteisen (Abb. 1) und Lötkolben angewendet. Oft wird auch der Leiter in die Form dünner Widerstandsdrähte gebracht und gibt dann, mit Asbest zu Schnüren oder Gittern verwebt, die in ihm erzeugte Wärme unmittelbar an seine Umgebung ab. Derartige Heizkörper

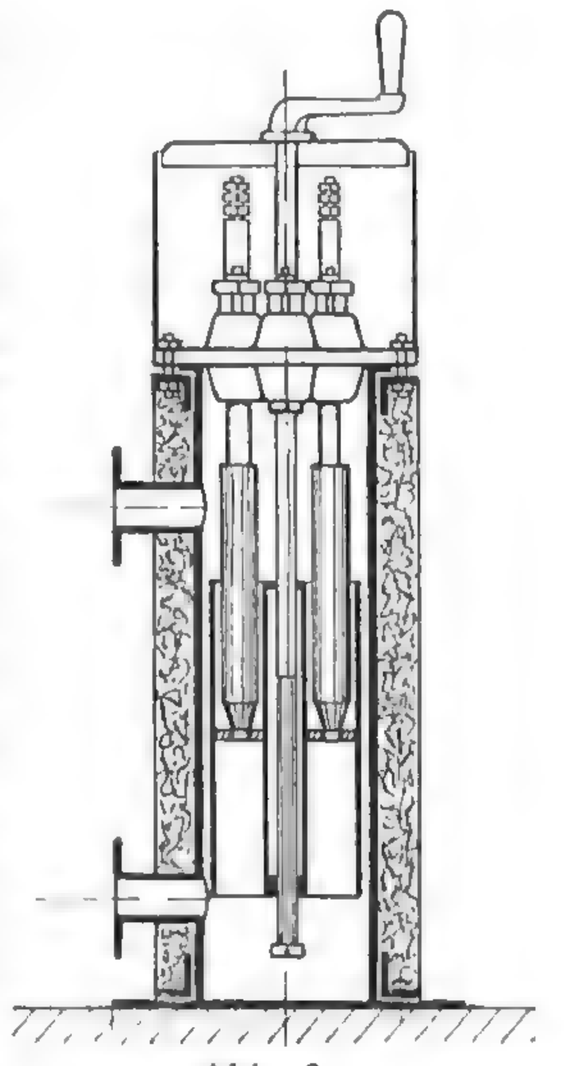


Abb. 2. Elektrodenbeheizung in einem Durchlauferhitzer.

werden zur Erzeugung milder Temperaturen in durchaus trockener Umgebung benutzt (Wärmekissen und dergleichen).

2. **Elektrodenheizung,** eine besondere Art der Widerstandsheizung. Hier bildet die zu erwärmende Flüssigkeit selbst den Leiter (Abb. 2), der sich infolge des Stromdurchflusses unmittelbar — also vollkommen verlustlos — erwärmt. Für die Elektrodenheizung kommt nur Wechselstrom in Frage; ihre Anwendung ist besonders bei höheren Spannungen vorteilhaft. Sie wird zur Erwärmung großer Flüssigkeitsmengen benutzt. Nach diesem System werden Dampferzeuger bis zu mehreren tausend Kilowatt Stromaufnahme betrieben.

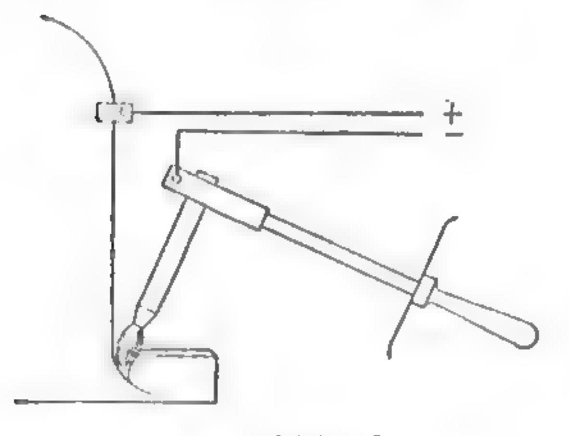


Abb. 3. Lichtbogenschweißung an einem Gußstück.

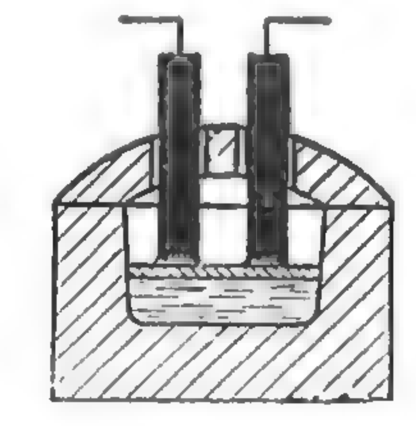


Abb. 4. Elektrostahlofen nach Héroult.

3. **Lichtbogenheizung,** welche hauptsächlich für Gleichstrom in Frage kommt, und zwar für bestimmte Verwendungsgebiete, bei denen sehr hohe Temperaturen erforderlich sind, wie Schweißung von Gußstücken (Abb. 3), Schienenstößen und dergleichen. Der dafür notwendige Strom wird gewöhnlich durch eigens dazu hergestellte Maschinen hervorgebracht. Lichtbogenerhitzung kommt auch bei der Elektrostahlerzeugung (Abb. 4), bei der Herstellung von Aluminium und bei chemischen Umsetzungsprozessen, z. B. bei der Karbiderzeugung, zur Anwendung.

4. **Induktionsheizung,** die nur für Wechselstrom verwendbar ist und nur für spezielle Zwecke in Betracht kommt, z. B. Bandagenerwärmung. Die Höhe der zuzuführenden Spannung ist nicht beschränkt, da immer ein Transformator benötigt wird, mit dessen Hilfe die Umformung der zugeführten Spannung auf die sehr niedrige Gebrauchsspannung erfolgt. Die Induktionsheizung wird auch vielfach mit der Widerstandsheizung kombiniert, z. B. in elektrischen Schweißapparaten, bei denen das Werkstück selber den Widerstand abgibt, indem der zugeführte Strom ganz niedriger Spannung die zum Schweißen erforderliche Wärmemenge erzeugt. (Abb. 5).

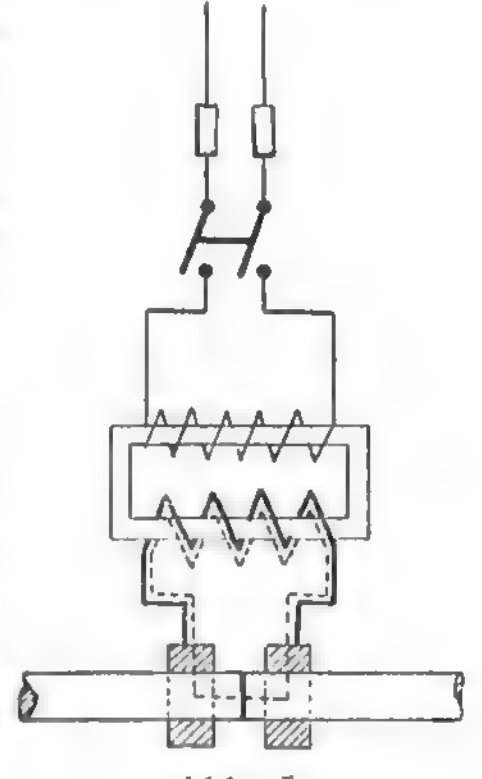


Abb. 5. Elektrische Widerstandsschweißung mittels Wechselstrom.

Die zu erzielenden Temperaturen sind auf der nächsten Seite angegeben.

Die **Temperatur,** die bei der elektrischen Wärmeerzeugung entsteht, kann dem praktischen Bedürfnis genau angepaßt werden. Sie beträgt etwa

40 Grad bei Bettwärmern und Brutapparaten, also ungefähr Bluttemperatur;
70 „ „ Zimmer-Heizöfen;
100 „ „ Wasserwärmer und Wasserkochern und Trockenapparaten, um das Wasser zum Sieden bzw. zum Verdampfen zu bringen;
200 „ „ Plätteisen und ähnlichen Apparaten;
250—300 Grad bei Lötkolben usw.;
800—1000 „ „ Nietwärmern;
900—1300 „ „ Härteöfen;
1400—1500 „ „ Schweißapparaten;
3700 „ „ Lichtbogenschweißungen und in Lichtbogenöfen, z. B. bei der Elektrostahlerzeugung.

Die außerordentliche **Regulier**fähigkeit der elektrischen Wärmeerzeugung sichert ihr ein ausgedehntes Anwendungsgebiet. Es gibt Anwendungszwecke, bei denen die *Einstellung* und *Konstanthaltung* bestimmter Temperaturen unbedingtes *Erfordernis* ist, z. B. bei Brutapparaten auf 42 Grad mit einer Regulierfähigkeit um 2 Grad nach oben und unten und mit der Notwendigkeit der selbsttätigen Beibehaltung der eingestellten Temperatur bis auf $^1/_{10}$ Grad; oder bei Härteprozessen mit einer Regulierfähigkeit der Temperatur zwischen 900 und 1300 Grad mit einer genauen Konstanthaltung der eingestellten Temperatur bis auf 10 Grad. Die Einstellung der Temperatur wird durch besondere Reguliereinrichtungen, Reguliertransformatoren, Elektrodenversteller und dergleichen erreicht. Die eingestellte Temperatur wird durch Thermostaten konstant oder durch geeignete Anordnung der Elektroden auf gleicher Höhe gehalten.

Andere Verwendungszwecke verlangen gerade die *Veränderung* der zugeführten Wärmemengen in weiten Grenzen, um schnelles Anwärmen mit *hohen* Stromstärken und spätere Erhaltung der erreichten Temperatur unter Zuführung *geringer* Strommengen zu ermöglichen. Dafür dienen Umschalt- und Doppelsteck-Vorrichtungen sowie Regulierwiderstände z. B. bei elektrischen Wärmekissen durch einfaches Umstecken des Verbindungsstöpsels, bei einigen Apparaten durch Umschaltung der Heizwiderstände vermittels eines Regulierschalters.

Im allgemeinen sind die Apparate und Einrichtungen, mit denen Wärme durch Elektrizität erzeugt wird, für bestimmte Spannung gebaut. Gewisse transportable Apparate, die an verschiedenen Orten mit verschiedenen Gebrauchsspannungen betrieben werden sollen (Reiseplätteisen, Brennscherenwärmer) haben Einrichtungen, die ihre Anwendung bei den verschiedensten gebräuchlichsten Spannungen ermöglichen.

Der **Gebrauch** der elektrischen Wärmeerzeugung ist infolge der Anpassungsfähigkeit der elektrischen Beheizung, infolge der genauen Einstellungs- und Reguliermöglichkeiten für alle im täglichen Leben vorkommenden Zwecke zu empfehlen, nicht nur im Haushalt, sondern auch im Gewerbe- und Industriebetriebe.

ZWEITER TEIL

Dampfturbinen.

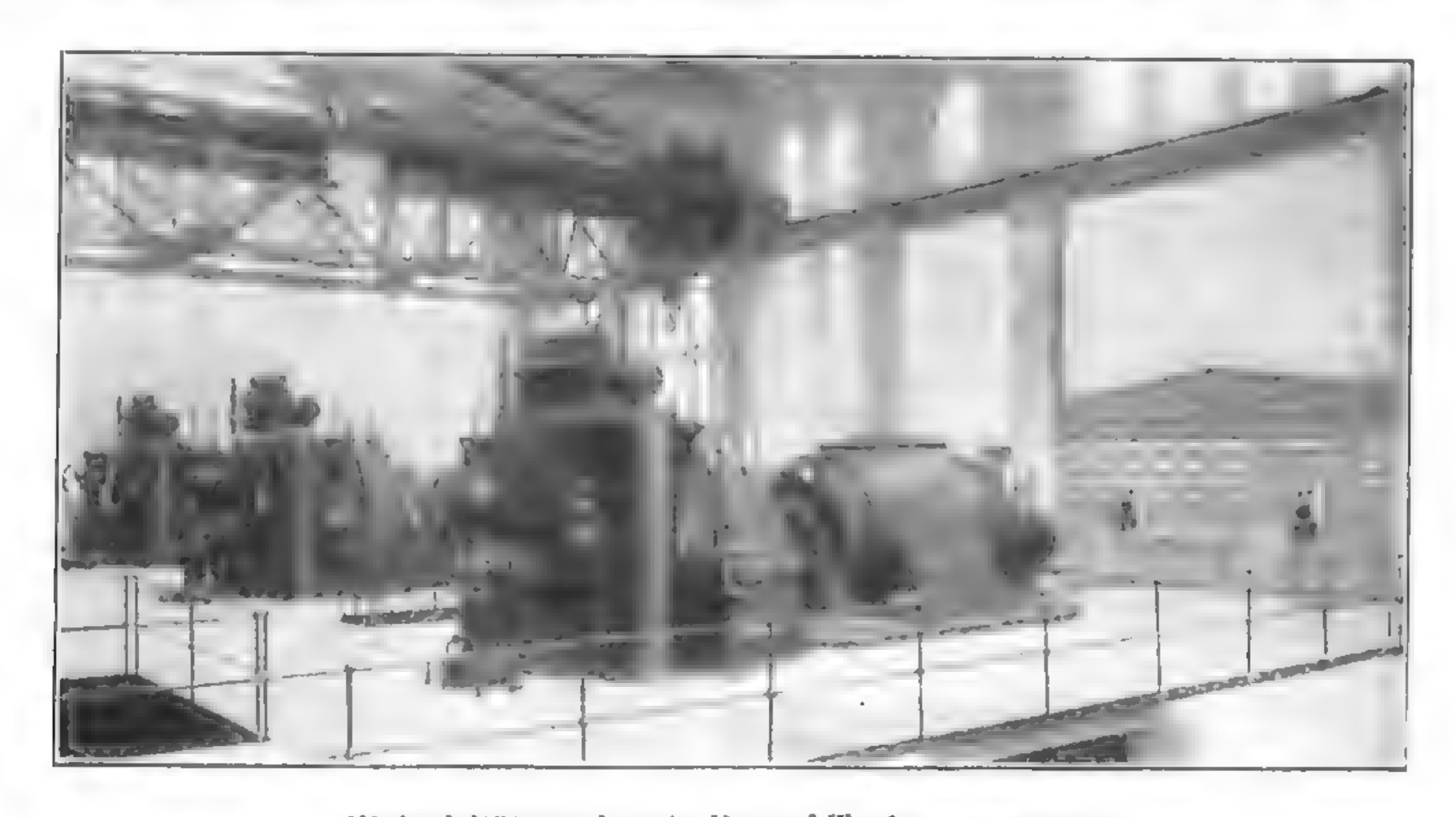
Dampfturbinen sind Kraftmaschinen, in denen die Energie des Dampfes ohne den Umweg über Kurbelgetriebe unmittelbar auf eine umlaufende Welle übertragen wird. Ihre Vorzüge haben ihnen ein unbestrittenes Uebergewicht über die Kolbenmaschinen gegeben, die nur noch für kleinere Leistungen, etwa unterhalb 500 PS, überlegen sind. Indessen haben auch

Kleinturbinen

mit Vorteil Anwendung gefunden, z. B. zum Antrieb von Hilfsmaschinen, wie Pumpen für die verschiedensten Zwecke, Ventilatoren, Notbeleuchtungsdynamos und andere Sonderfälle, namentlich an Bord von Schiffen. Der Abdampf dieser Kleinturbinen wird, da eigene Kondensationseinrichtungen unwirtschaftlich wären, zur Vorwärmung des Speisewassers oder zu Heizzwecken benutzt, meistenteils aber im Niederdruckteil großer Turbinen weiter verarbeitet. Das Hauptfeld der Dampfturbinen ist der Antrieb von Maschinen zur Erzeugung elektrischer Energie.

Turbogeneratoren

werden von der AEG für Drehstrom und Wechselstrom für 3000 Umdrehungen in der Minute bis zu Leistungen von 20000 KVA gebaut, während die untere Grenze bei 375 KVA liegt. Die großen Einheiten laufen mit 1500, ganz große mit 1000 Umdrehungen in der Minute. Als größte bisher überhaupt gebaute Maschine ist eine während des Krieges gelieferte Einheit von 60000 KVA bemerkenswert. Für besondere Zwecke



Elektrizitätswerk mit Dampf-Turbogeneratoren.

und für die Bedürfnisse des Auslandes sind Maschinen für alle durch Periodenzahlen zwischen 15 und 60 bedingten Umlaufszahlen sowie Hochfrequenz-Maschinen größerer Leistung für drahtlose Telegraphie gebaut worden. Für Gleichstrom liegt die obere Grenze erheblich tiefer. Die größte gelieferte Einheit leistet 1300 kW, die kleinsten bis herab zu 5 kW, die für Sonderzwecke an Bord von Schiffen Verwendung gefunden haben.

Neuerdings ist man angesichts der Schwierigkeit, große Gleichstrommaschinen den Umdrehungszahlen der Turbinen anzupassen, auf den Antrieb durch

Dampfturbinen mit Uebersetzung durch Zahnradgetriebe

übergegangen. Diese, aus der Entwicklung des Schiffturbinenbaues hervorgegangen, finden auch ein großes Verwendungsgebiet für den Antrieb anderer schwerer Arbeitsmaschinen, wie namentlich von Großkraftschleifern für Zellstoffabriken, Walzwerken, Bergwerks-Ventilatoren und dergleichen. Der Wirkungsgrad der Uebersetzung ist vorzüglich.

Führend ist die AEG vorangegangen in der Entwicklung der

Turbinen für Abgabe und Verwertung von Niederdruckdampf,

bekannt als Anzapf-, Gegendruck-, Abdampf- und Zweidruck-Turbinen. Die mit diesen Maschinen zu erzielenden Verbesserungen in der Wärmewirtschaft vieler Betriebe sind allgemein bekannt geworden und haben höchste wirtschaftliche Bedeutung erlangt.

In direkter Kupplung sind diese Bauarten der Dampfturbine außer mit Turbo-Generatoren jeglicher Art auch mit anderen Arbeitsmaschinen ausgeführt worden, unter denen namentlich zu erwähnen sind

Turbo-Kompressoren

für Hütten- und Bergwerksbetriebe und zur Preßlufterzeugung großen Stils. Die bisher überhaupt größten Einheitsleistungen wurden von der AEG mit 84000 cbm stündlich auf 8 at Ue geliefert. Der steigende Absatz dieser Maschinen verdrängt die bisher üblichen Kolben-Kompressoren, die schon bei mittleren Leistungen außerordentliche Abmessungen annehmen.

Turbo-Gebläse

finden Verwendung für Hochofen- und Stahlwerkbetriebe zur Förderung großer Luftmengen bei verhältnismäßig niederer Pressungen. Die stete Betriebsbereitschaft und die geringen Anschaffungskosten sichern diesen Maschinen den Erfolg im Wettbewerb mit Gebläsen mit Antrieb durch Großgasmaschinen. Für Sonderzwecke der Marine, der Zuckerfabrikation und anderer Industrien haben sich auch Gebläse kleinerer Leistung gut bewährt.

Turbo-Pumpen

haben mit Vorteil in großen Wasserwerken Eingang gefunden. Vollständig verdrängt haben sie die Kolbenpumpen als Hilfsmaschinen für Kondensationsanlagen.

Kreisel-, Luft- und Kondensatpumpen

der AEG werden auf durchgehender Welle mit einer Kühlwasserpumpe zu einem einheitlichen Maschinensatz vereinigt und durch eine Hilfsturbine oder einen Elektromotor angetrieben. Sie bilden die normale Ausstattung der

Kondensationsanlagen,

die den wichtigsten Hilfsbetrieb aller Dampfturbinen-Zentralen darstellen. Die Oberflächen-Kondensation überwiegt, weil durch sie chemisch reines, ölfreies Kondensat zur Rückspeisung in die Kessel gewonnen wird. Mischkondensation wird nur in besonderen Ausnahmefällen angewendet.

Zahlentafel I.

Theoretischer Dampfverbrauch in kg/kW-St*)

Dampf- Druck at Ue	Dampf- Temp. °C.	Vakuum in % bei 760 mm Barometerstand 80	85	87	90	92	93	94	94,5	95	96	97	97,5	Dampf-Temp.
8	Satt	6,09	5,74	5,60	5,34	5,14	5,03	4,91	4,84	4,77	4,63	4,45	4,35	Satt
	200	5,92	5,59	5,45	5,20	5,00	4,90	4,78	4,72	4,65	4,51	4,33	4,23	200
	225	5,76	5,44	5,30	5,06	4,87	4,77	4,65	4,59	4,53	4,40	4,22	4,12	225
	250	5,60	5,28	5,15	4,92	4,74	4,64	4,53	4,47	4,41	4,28	4,11	4,02	250
	275	5,43	5,13	5,00	4,78	4,61	4,52	4,41	4,35	4,29	4,16	4,01	3,72	275
	300	5,26	4,98	4,85	4,64	4,48	4,39	4,28	4,23	4,18	4,05	3,90	3,81	300
	325	5,09	4,82	4,70	4,51	4,35	4,26	4,16	4,11	4,06	3,94	3,80	3,71	325
ts = 174,4°	350	4,93	4,61	4,56	4,37	4,22	4,14	4,04	3,99	3,94	3,82	3,69	3,61	350
9	Satt	5,92	5,60	5,46	5,22	5,02	4,92	4,80	4,74	4,68	4,54	4,36	—	Satt
	200	5,78	5,47	5,33	5,10	4,91	4,80	4,69	4,64	4,57	4,44	4,26	4,17	200
	225	5,62	5,32	5,19	4,96	4,78	4,68	4,57	4,51	4,45	4,33	4,15	4,06	225
	250	5,46	5,18	5,05	4,82	4,65	4,55	4,45	4,39	4,33	4,21	4,05	3,96	250
	275	5,31	5,03	4,90	4,69	4,53	4,44	4,34	4,28	4,22	4,10	3,95	3,86	275
	300	5,15	4,88	4,76	4,56	4,40	4,32	4,21	4,16	4,10	3,99	3,85	3,76	300
	325	4,99	4,73	4,62	4,43	4,28	4,19	4,10	4,05	3,99	3,88	3,74	3,66	325
ts = 178,9°	350	4,83	4,58	4,47	4,29	4,15	4,07	3,98	3,93	3,88	3,78	3,64	3,56	350
10	Satt	5,78	5,48	5,35	5,11	4,93	4,82	4,72	4,65	4,59	4,46	4,29	—	Satt
	200	5,67	5,38	5,24	5,01	4,83	4,73	4,63	4,57	4,51	4,38	4,21	—	200
	225	5,52	5,23	5,10	4,88	4,71	4,61	4,51	4,45	4,39	4,27	4,10	4,01	225
	250	5,36	5,08	4,96	4,75	4,58	4,48	4,39	4,33	4,27	4,16	4,00	3,91	250
	275	5,21	4,94	4,82	4,62	4,46	4,37	4,28	4,22	4,16	4,05	3,90	3,82	275
	300	5,05	4,80	4,68	4,48	4,33	4,25	4,16	4,10	4,05	3,94	3,80	3,72	300
	325	4,89	4,65	4,54	4,36	4,21	4,13	4,04	3,99	3,94	3,83	3,70	3,62	325
ts = 183,1°	350	4,74	4,51	4,40	4,22	4,09	4,01	3,92	3,88	3,83	3,73	3,60	3,52	350
11	Satt	5,67	5,37	5,24	5,02	4,85	4,75	4,64	4,58	4,52	4,40	4,24	—	Satt
	200	5,57	5,29	5,16	4,94	4,77	4,67	4,57	4,51	4,45	4,34	4,17	—	200
	225	5,42	5,14	5,02	4,81	4,64	4,54	4,45	4,40	4,34	4,22	4,06	3,97	225
	250	5,26	5,00	4,88	4,68	4,52	4,42	4,33	4,28	4,22	4,10	3,96	3,87	250
	275	5,12	4,86	4,75	4,55	4,40	4,31	4,22	4,16	4,11	4,00	3,86	3,77	275
	300	4,97	4,72	4,61	4,42	4,28	4,20	4,10	4,05	4,00	3,89	3,76	3,68	300
	325	4,81	4,58	4,47	4,30	4,16	4,08	3,99	3,94	3,89	3,79	3,66	3,58	325
ts = 186,9°	350	4,67	4,45	4,34	4,17	4,04	3,96	3,88	3,84	3,79	3,69	3,56	3,49	350
12	Satt	5,56	5,27	5,15	4,94	4,77	4,67	4,57	4,51	4,46	4,33	—	—	Satt
	200	5,49	5,21	5,09	4,88	4,71	4,62	4,52	4,47	4,41	4,29	4,13	—	200
	225	5,34	5,07	4,95	4,75	4,58	4,49	4,40	4,35	4,29	4,17	4,02	3,93	225
	250	5,18	4,93	4,82	4,62	4,46	4,37	4,28	4,23	4,18	4,06	3,92	3,83	250
	275	5,04	4,79	4,68	4,49	4,35	4,26	4,18	4,12	4,07	3,96	3,82	3,74	275
	300	4,90	4,66	4,55	4,37	4,22	4,15	4,06	4,01	3,96	3,86	3,72	3,65	300
	325	4,74	4,52	4,42	4,25	4,11	4,03	3,95	3,91	3,85	3,76	3,62	3,55	325
ts = 190,6°	350	4,60	4,39	4,29	4,12	3,99	3,92	3,84	3,80	3,75	3,66	3,53	3,46	350
13	Satt	5,46	5,19	5,07	4,86	4,70	4,61	4,51	4,46	4,40	4,28	—	—	Satt
	225	5,26	5,00	4,89	4,70	4,53	4,44	4,35	4,30	4,25	4,13	3,99	3,90	225
	250	5,11	4,87	4,76	4,56	4,41	4,33	4,24	4,19	4,14	4,02	3,88	3,80	250
	275	4,97	4,73	4,63	4,44	4,30	4,22	4,13	4,08	4,03	3,92	3,78	3,71	275
	300	4,93	4,60	4,50	4,32	4,18	4,11	4,02	3,97	3,92	3,82	3,69	3,62	300
	325	4,68	4,47	4,37	4,20	4,07	4,00	3,91	3,87	3,82	3,72	3,59	3,52	325
ts = 194,0°	350	4,54	4,34	4,24	4,08	3,95	3,88	3,80	3,76	3,71	3,62	3,50	3,43	350
14	Satt	5,37	5,11	4,99	4,80	4,64	4,55	4,45	4,40	4,35	4,23	—	—	Satt
	225	5,19	4,94	4,83	4,64	4,49	4,40	4,31	4,26	4,21	4,10	3,96	—	225
	250	5,04	4,81	4,70	4,52	4,36	4,28	4,20	4,15	4,10	3,99	3,85	3,77	250
	275	4,91	4,68	4,57	4,40	4,26	4,18	4,09	4,04	3,99	3,88	3,75	3,68	275
	300	4,77	4,55	4,44	4,27	4,14	4,07	3,99	3,94	3,89	3,79	3,66	3,59	300
	325	4,62	4,42	4,32	4,16	4,03	3,96	3,88	3,83	3,78	3,69	3,57	3,49	325
ts = 197,2°	350	4,49	4,29	4,19	4,04	3,92	3,84	3,77	3,73	3,68	3,59	3,48	3,40	350
15	Satt	5,29	5,04	4,93	4,74	4,58	4,49	4,40	4,35	4,30	4,18	—	—	Satt
	225	5,13	4,89	4,78	4,60	4,45	4,37	4,28	4,23	4,17	4,06	3,93	—	225
	250	4,99	4,75	4,65	4,47	4,32	4,24	4,16	4,11	4,06	3,95	3,82	3,74	250
	275	4,85	4,62	4,52	4,35	4,21	4,14	4,05	4,00	3,96	3,85	3,72	3,65	275
	300	4,72	4,50	4,40	4,23	4,10	4,03	3,95	3,90	3,86	3,76	3,63	3,56	300
	325	4,58	4,37	4,27	4,12	3,99	3,92	3,84	3,80	3,75	3,66	3,54	3,47	325
ts = 200,3°	350	4,44	4,25	4,15	4,00	3,88	3,81	3,74	3,70	3,65	3,56	3,45	3,38	350

* Dieser Tabelle ist das Mollier'sche JS-Diagramm aus „Wagner, Der Wirkungsgrad von Dampfturbinen-Beschaufelungen" Berlin, Springer zu Grunde gelegt.

Turbo-Kesselspeisepumpen

der AEG nehmen eine besondere Stellung ein. Sie haben sich in großer Zahl und bis zu Leistungen von 300 cbm in der Stunde im Betrieb bestens bewährt und verdanken ihre Beliebtheit neben den allgemeinen Vorteilen der Kreiselpumpen der Oelfreiheit des Abdampfes der Antriebsturbinen, der Einfachheit des Aufbaues, der Sicherheit des Betriebes und den geringen Anschaffungskosten.

Vorfragen für die Projektierung.

Bei der Projektierung von Turbodynamos muß der Hersteller von vornherein über die nachstehenden grundlegenden Voraussetzungen aufgeklärt werden. Weitere Einzelheiten ergeben sich von Fall zu Fall.

I. Allgemeines. Welchem Industriezweige gehört die anfragende Firma an, bzw. für welche Zwecke will die anfragende Firma oder Behörde die Maschine verwenden? — Wird durchgehender Tag- und Nachtbetrieb der Maschine beabsichtigt? — Sind Reserven vorhanden?

II. Elektrischer Teil. Verlangte effektive Leistung in kW an den Klemmen? — Stromsystem, Spannung, Frequenz, Leistungsfaktor ($\cos \varphi$)? — Größe und Leistung der gleichzeitig parallel arbeitenden Generatoren? — Ist die Luft der Umgebung besonders staubhaltig oder sonst verunreinigt?

III. Dampfteil. Ist Wahl der günstigsten Dampfverhältnisse möglich bzw. wie groß ist der Dampfdruck in at Ue und die Dampftemperatur in ° C am Einlaßventil der Turbine? — Unterliegt der Dampfdruck starken Schwankungen und mit welchem Abfall im Betrieb muß man rechnen? — Soll zeitweilig bei reduzierter Leistung mit Auspuff gefahren werden?

In Spezialfällen sind noch folgende Fragen zu berücksichtigen. Bei Zweidruckturbinen (Abdampfaufnahme): Aus welchen Maschinen kommt der Abdampf? — Mit welchem Druck in at abs langt er in der Turbine an? — Welche Abdampfmengen stehen stdl. im Mittel zur Verfügung und welches ist die größte momentan aufzunehmende Dampfmenge? — Welche Pausen treten im Zufluß des Abdampfes periodisch auf? — Ist ein Dampfspeicher vorhanden? — Welches System? — Soll ein Dampfspeicher aufgestellt werden? — Wird ein besonderes System bevorzugt?

Gegendruck- und Anzapfturbinen (Abdampfabgabe): Mit welchem abs Druck soll der Heiz- oder Kochdampf die Turbine verlassen? — Kann die maximale und minimale Heizdampfmenge, die stdl. entzogen werden soll, angegeben werden? — Wie lange dauert die minimale Entnahme und wie oft tritt sie auf? — Geht der Abdampf in Oberflächenapparate oder wird er unmittelbar in Flüssigkeiten eingeleitet?

IV. Kondensation. Ist eine Kondensationsanlage vorhanden und wie liegt sie zum Aufstellungsort der projektierten Turbine? — Welches Vakuum gibt der Hersteller bei der zu erwartenden Dampfmenge an? — Soll eine neue Oberflächenkondensationsanlage aufgestellt werden? — Sind besondere Gründe für die evtl. Wahl einer

Mischkondensation vorhanden? — Ist genügend frisches Kühlwasser aus Brunnen, Gruben, Flüssen bzw. Seewasser verfügbar?, d. h. etwa 50—70 l auf 1 kg zu kondensierenden Dampf. — Welche Temperatur besitzt das Frischwasser im Mittel und maximal? — Muß das Wasser abgekühlt werden und kann mit dem Vorhandensein eines ausreichend großen Kühlwerkes gerechnet werden? — Ist das Wasser säure- oder salzhaltig? — Liegt eine Analyse des Wassers vor?

Dampfverbrauch.

Zur angenäherten Umrechnung von gemessenem oder garantiertem Dampfverbrauch für andere Betriebsverhältnisse als sie der Messung oder der Garantie zugrunde lagen, dient die Zahlentafel I (Theoretischer Dampfverbrauch in kg/kW-Std.). Das Verhältnis des theoretischen Dampfverbrauchs der Garantie, zu dem theoretischen Dampfverbrauch des Versuchs, ergibt den Umrechnungsfaktor. Ist z. B. der Dampfverbrauch für 1 kW-Std. bei 11 at Ue, 300° C Dampftemperatur und 80% Vakuum gemessen worden und soll ermittelt werden, wie groß er bei 12 at Ue, 325° C und 90% Vakuum (Garantieannahme) sein würde, so ergibt sich der Umrechnungsfaktor für die gemessenen Werte zu 4,25 : 4,97 = 0,855. — Die Tafel dient ferner zur Feststellung des „thermodynamischen" Wirkungsgrades η_{th}. Man erhält ihn, indem man den theoretischen Dampfverbrauch durch den gemessenen dividiert. Kennt man η_{th} für eine Maschine, so erhält man den wirklichen Dampfverbrauch, indem man den theoretischen Dampfverbrauch durch η^{th} dividiert. — Der reziproke Wert des theoretischen Dampfverbrauches in kg/kW-St ist die theoretische Leistung von 1 kg Dampf in kW-St für ein gegebenes Gefälle. Zur Umrechnung auf WE ist hierbei 1 kW-St. = 860 WE zu setzen.

Dynamos im Zusammenbau mit Antriebsmaschinen.

Bestimmung der Leistung.

Wird von der Antriebsmaschine ausgegangen, deren Leistung N in PSe bekannt ist, und bedeutet η den Wirkungsgrad der Dynamo, so ist die Leistung der Dynamo in Kilowatt an ihren Klemmen

$$kW = N \cdot \eta \cdot 0{,}736.$$

Bei Dreh- oder Wechselstrom ist noch der Leistungsfaktor (cos. φ) zu berücksichtigen. Bei Erweiterung bestehender Anlagen ist der Leistungsfaktor bekannt, bei Neuanlagen kann er auf Grund von Erfahrungen in ähnlichen Betrieben mit genügender Sicherheit geschätzt werden. Für die Größenbestimmung der Drehstrom- bzw. Wechselstromdynamos ist demnach:

$$KVA = \frac{N \cdot \eta \cdot 0{,}736}{\cos \varphi} \quad \text{bei } \cos \varphi = 0{,}8 \text{ wird} \quad KVA = \frac{N \cdot \eta \cdot 0{,}736}{0{,}8}$$

$$KVA = N \cdot \eta \cdot 0{,}92$$

Die verschiedenen Arten von Kraftmaschinen verhalten sich hinsichtlich ihrer Ueberlastungsfähigkeit sehr verschieden, während sie für die Dynamo durch die Normalien des V. D. E. genau festgelegt ist. Mit der Einschränkung, daß Ueberlastungen nur so kurze Zeit dauern oder nur bei solchem Temperaturzustand der Maschinen vorgenommen werden dürfen, daß die höchsten zulässigen Temperaturen dadurch nicht überschritten werden, müssen Generatoren um 25 % während ½ Stunde überlastbar sein.

Dampfmaschinen. Die Leistung ändert sich mit der Dampffüllung. Gebräuchlich ist folgende Leistungsangabe: 1. normale Leistung bei wirtschaftlich bester Füllung; 2. erhöhte Leistung (max. dauernd) bei entsprechend vergrößerter Füllung; 3. max. vorübergehende Leistung.

Für die Dynamo wird zweckmäßig eine Antriebsleistung zugrundegelegt, die ungefähr in der Mitte zwischen normaler und erhöhter Leistung liegt; damit ist die möglichst vollkommene Ausnutzung beider Maschinenseiten erreicht.

Dieselmotoren, überhaupt Verbrennungsmotoren für flüssige und feste Brennstoffe, sowie **Wasserturbinen.** Für die Berechnung der Dynamoleistung in kW bzw. KVA ist die normale Volleistung der Antriebsmaschinen einzusetzen.

Gasmotoren. Die normale Volleistung ist zugleich auch die maximale Dauerleistung; Ueberlastungen sind nur kurzzeitig zulässig. Für die Berechnung der Dynamoleistung in kW bzw. KVA setzt man zweckmäßig die normale Volleistung abzüglich 5 % ein.

Umdrehungszahlen.

Drehstrom- und Wechselstrom-Dynamos fordern für die in Deutschland übliche Frequenz von 50 Perioden/sek. nachstehende Umdrehungszahlen.

Umdrehungszahlen von Drehstrommaschinen bei 50 Perioden/sec.

Anzahl der Polpaare p	36	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14
Umdrehungszahl n/min	83	94	100	107	115	125	136	150	167	187	215

Anzahl der Polpaare p	12	10	8	7	6	5	4	3	2	1
Umdrehungszahl n/min	250	300	375	430	500	600	750	1000	1500	3000

Höhere Periodenzahlen fordern proportional höhere Umdrehungszahlen, geringere Periodenzahlen fordern geringere Umdrehungszahlen.

Die für Drehstromdynamos für 50 Perioden normalen Umdrehungszahlen haben sich auch für Gleichstromdynamos als normal eingebürgert. Jedoch können Gleichstromdynamos für jede beliebige Umdrehungszahl gebaut werden.

Der mechanische Zusammenbau der Dynamomaschine mit der Antriebsmaschine.

Richtlinien: Gedrängte und doch gefällige Bauart bei Zugänglichkeit aller der Abnutzung oder Bedienung unterworfenen Teile. Ver-

meidung überflüssiger Lager, Kupplungen, Zusatzschwungräder, da für Betrieb störend und schädlich. Im allgemeinen werden die in den Abb. 1—7 angegebenen Generatorausführungen für direkten Zusammenbau mit Antriebsmaschinen verwendet. Ihr Zusammenbau mit den Kraftmaschinen wird weiter unten angegeben. Die zur Regulierung der Antriebsmaschine und für ihren ruhigen Gang erforderlichen Schwungmassen sollen, wenn irgend möglich, sämtlich in den rotierenden Teil der Dynamo verlegt werden. Diese Forderung ist ohne weiteres erfüllbar bei Dreh- und Wechselstromdynamos, deren schwungradförmiges Polrad sich ausgezeichnet für den Einbau der erforderlichen Schwungmassen eignet. Der Anker einer Gleichstromdynamo ist dagegen hierzu weniger geeignet. Anstelle der dazu nötigen kostspieligen Konstruktionen mit vergrößertem Schwerkreisdurchmesser verwendet man besser bei Gleichstromdynamos das billige Zusatzschwungrad. Bei mehrkurbeligen Maschinen, die im Verhältnis zur Leistung nur geringe Schwungmassen erfordern, lohnt sich dagegen der Gleichstrom s c h w u n g r a d maschine mit ihren Vorteilen hinsichtlich Platzersparnis, bequemer Bedienung und Zugänglichkeit gegenüber der Anordnung mit Zusatzschwungrad den Vorzug zu geben.

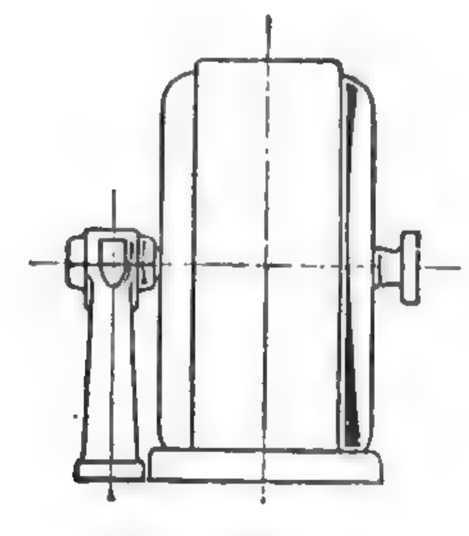


Abb. 1 Form J.
1 Außenlager, Welle mit Flansch, ohne Grundplatte.

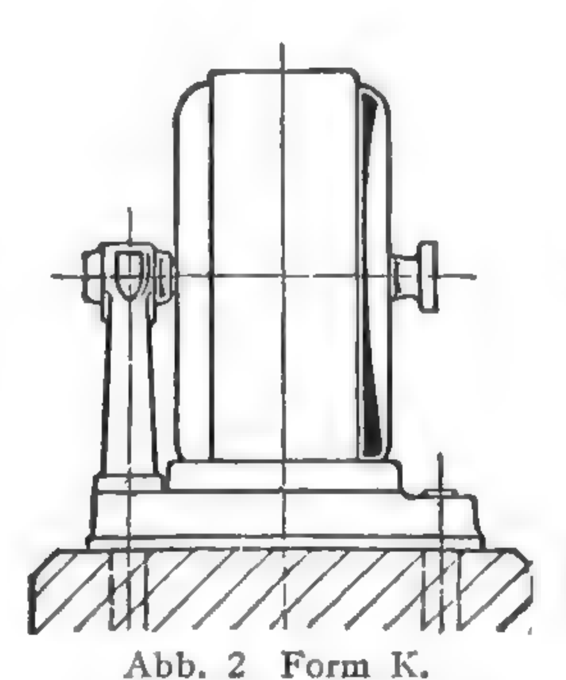


Abb. 2 Form K.
1 Außenlager, Welle mit Flansch, verkürzte Grundplatte.

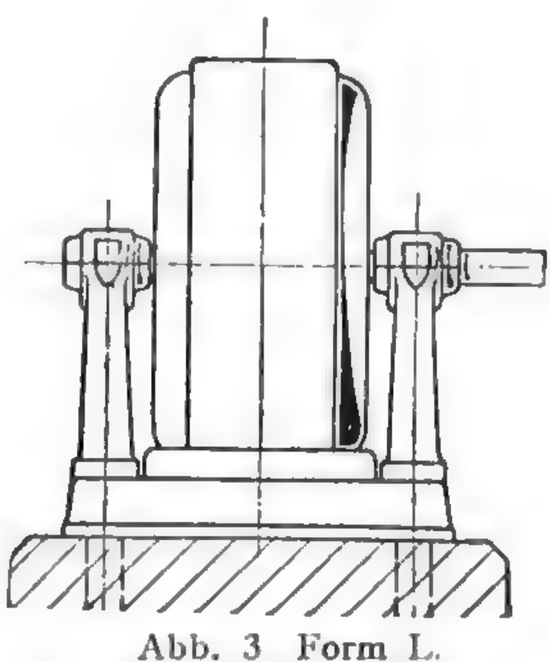


Abb. 3 Form L.
2 Stehlager, freies zylindr. Wellenende, gemeinsame Grundplatte

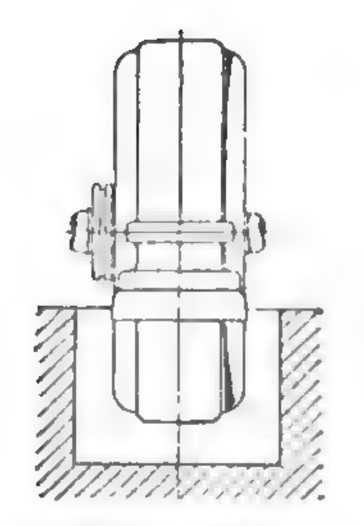


Abb. 4 Form O.
Ohne Lager, ohne Welle, Gehäusesohlplatten.

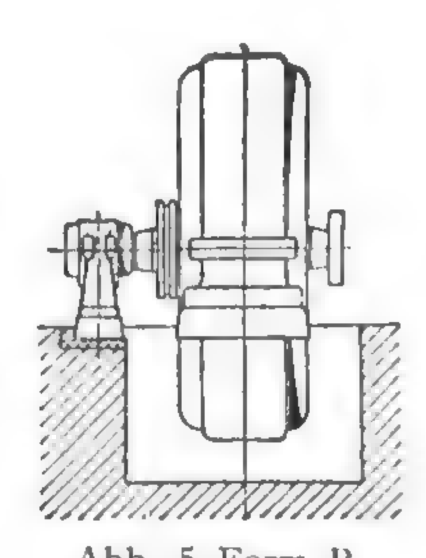


Abb. 5 Form P.
1 Außenlager auf besonderer Sohlplatte, Welle mit Flansch, Gehäusesohlplatten.

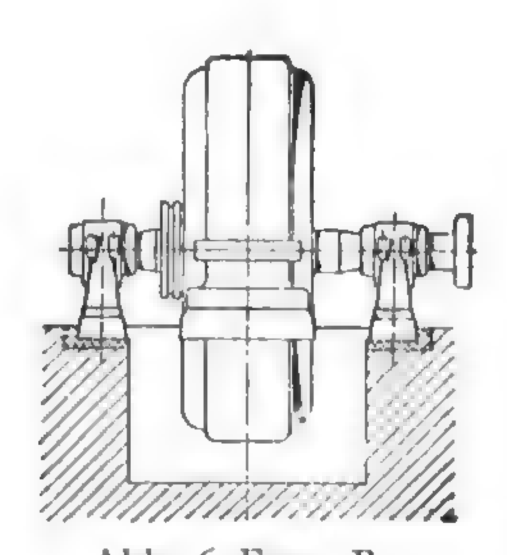


Abb. 6 Form R.
2 Lager auf besonderen Sohlplatten, freies Wellenende oder Welle mit Flansch, Gehäusesohlplatten.

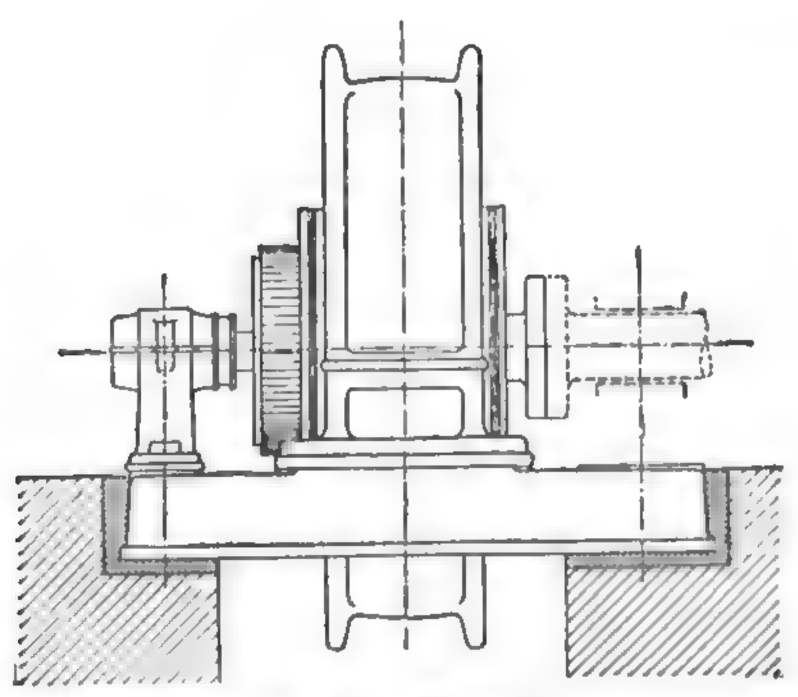
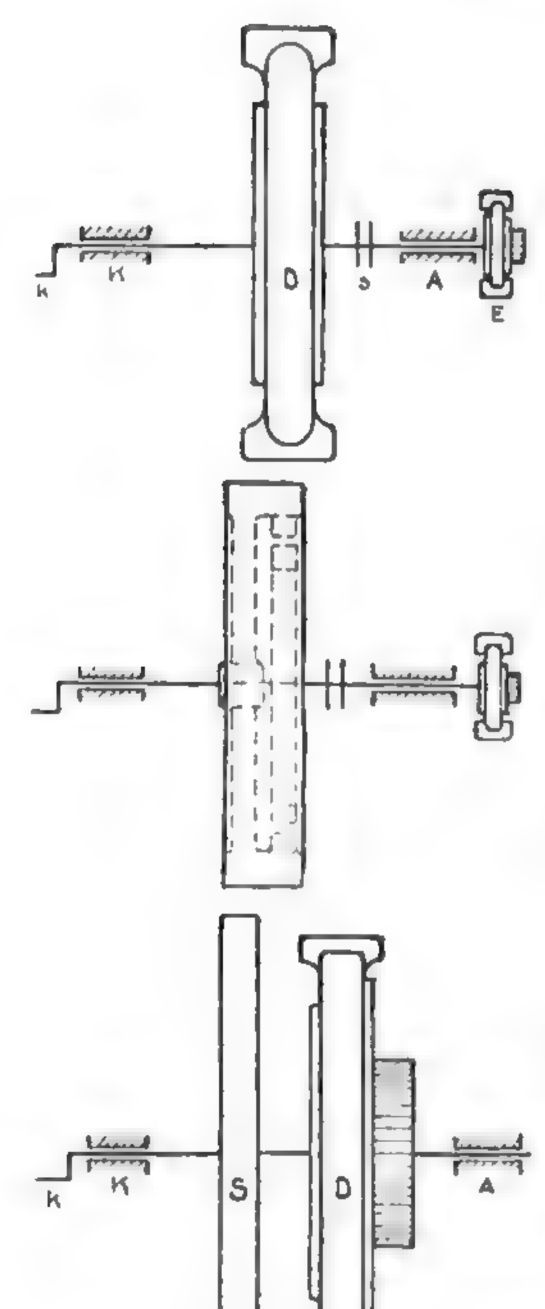


Abb. 7. Form T.
1 Außenlager, normale einlagerige Welle mit Flansch, zweilagerige Grundplatte.

Die in den nachfolgenden Skizzen angeführten Buchstaben haben folgende Bedeutung:

k = Kurbel
K = Kurbellager
D = Dynamo
s = Schleifringe
S = Schwungrad
A = Außenlager
E = Erregerdynamo.

I. Liegende Einkurbelmaschinen.



a) Drehstrom, innenrotierend.

Dynamo: ohne Welle und Lager. (Form O).

Rotor als Schwungrad ausgebildet, mit Zahnkranz für die Andrehvorrichtung, einteilig oder bei schweren Ausführungen auch mehrteilig. Erregermaschine ohne Welle und Lager, Anker fliegend.



b) Drehstrom, außenrotierend. (Form O).

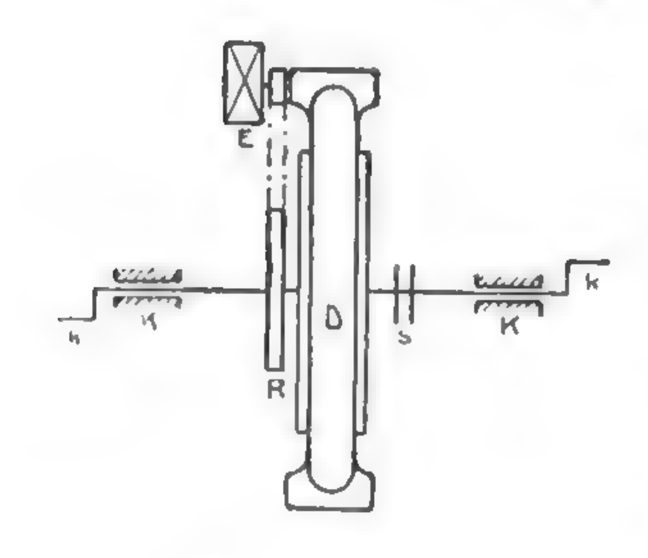
Bei großen Schwungmassen stellt sich der Preis einer Dynamo mit außenrotierendem Rotor billiger. Das Außenlager kommt mit auf die Sohlplatte des Dynamostators zu stehen, im übrigen wie unter Ia.

c) Gleichstrom, mit Zusatzschwungrad.

Dynamo: ohne Welle und Lager (Form O). Bürstenjoch drehbar am Gehäuse, Anker mit verstärkter Nabe.

Schleifringe für Spannungsteilung werden wie nach Ia zwischen Außenlager und Dynamo angeordnet.

II. Liegende Zweikurbelmaschinen.

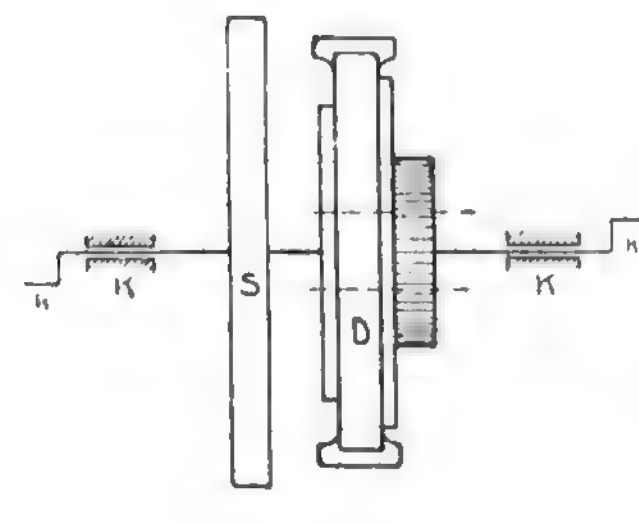


a) Drehstrom, innenrotierend.

Dynamo: ohne Welle und Lager. (Form O).

Rotor als Schwungrad ausgebildet, mit Zahnkranz für die Andrehvorrichtung mindestens zweiteilig, bei schweren Ausführungen auch mehrteilig.

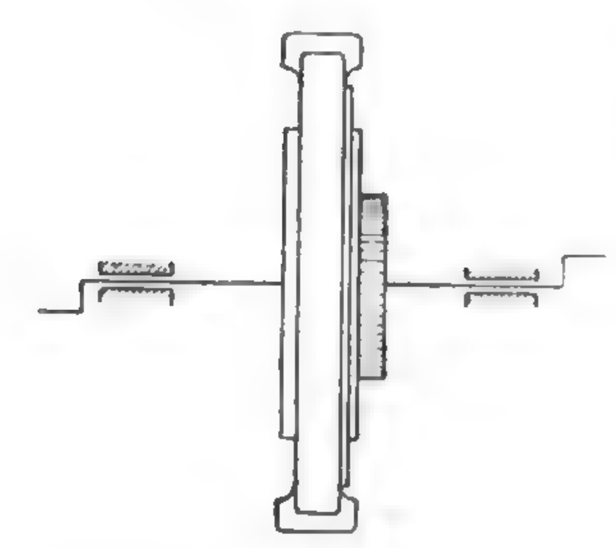
Erregermaschine separat aufgestellt und von einer zweiteiligen Riemenscheibe direkt von der Kurbelwelle aus angetrieben. Spannrolle empfehlenswert.



b) Gleichstrom, mit Zusatzschwungrad.

Dynamo: ohne Welle und Lager (Form O), Bürstenjoch drehbar am Gehäuse.

Anker mit innerer freier Durchgangsöffnung zum Ueberstreifen über die Kurbel k, Raum zwischen Ankerbohrung und Welle ausgefüllt durch zweiteilige Binnennabe. Schleifringe für Spannungsteilung zwischen Dynamo und Lager K.

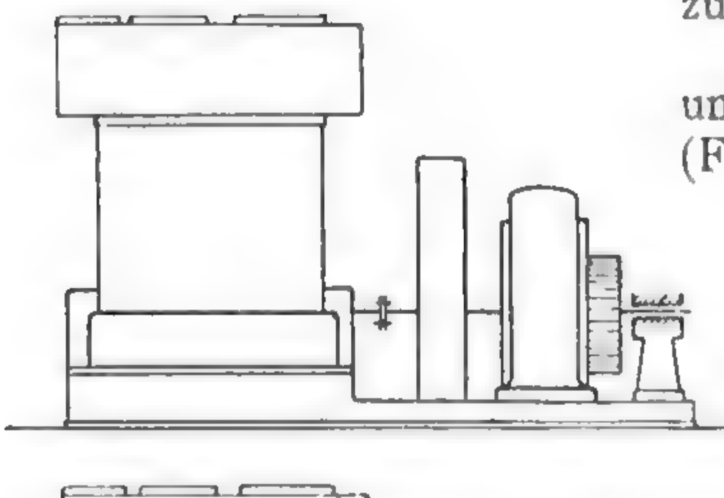


c) Gleichstrom, ohne Zusatzschwungrad.

Ausführung der Dynamo nach IIb in Form O, jedoch Anker mit Zahnkranz.

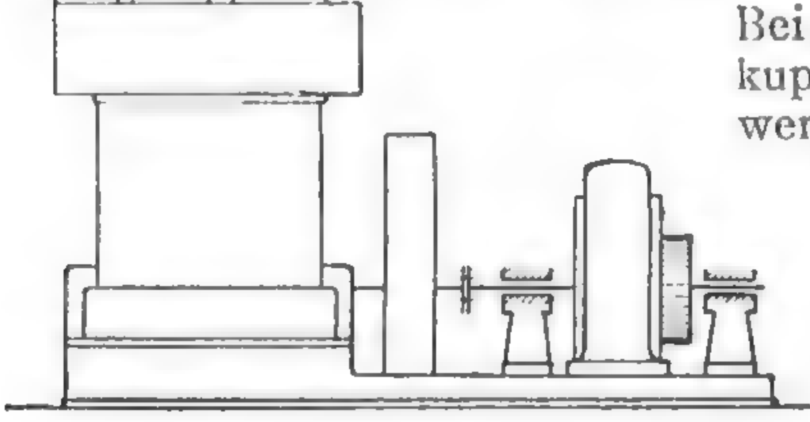
III. Stehende Maschinen.

Kleine raschlaufende Dampfdynamos werden nach nebenstehenden Abbildungen zusammengebaut.

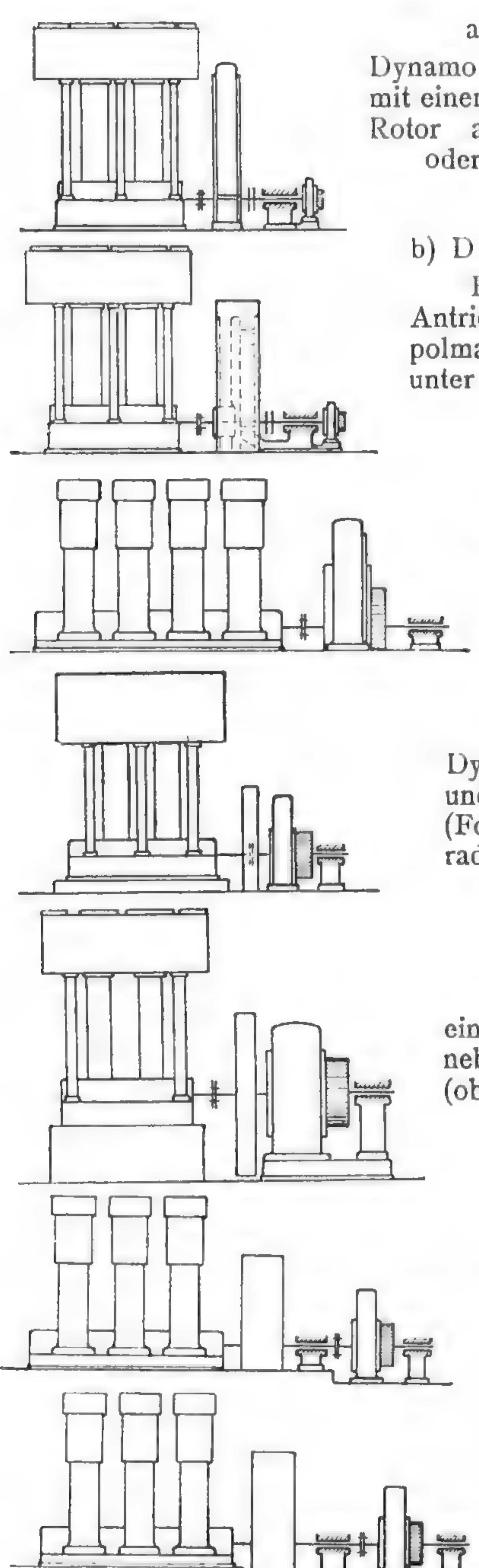


Dynamo: mit einlageriger Flanschwelle und einem Außenlager ohne Grundplatte (Form J). Das Gehäuse und das Lager stehen auf dem abgesetzten und verlängerten Grundrahmen der Dampfmaschine.

Das Schwungrad kann beliebig angeordnet werden, sowohl zwischen Flansch und letztem Kurbelwellenlager als auch zwischen Flansch und Dynamo. Bei gedrängter Anordnung kann die Flanschkupplung selbst als Schwungrad ausgebildet werden.



Bei größeren Leistungen, etwa von 50 PS an aufwärts, sieht man mit Rücksicht auf die schwere Konstruktion von der gußeisernen Grundplatte ab.



a) Drehstrom, innenrotierend.

Dynamo: mit einlageriger Flanschwelle und mit einem Außenlager auf Sohlplatte (Form P), Rotor als Schwungrad ausgebildet, ein- oder auch mehrteilig, mit Zahnkranz.

Erregermaschine fliegend.

b) Drehstrom, außenrotierend (Form P).

Bei großen Schwungmassen, z. B. bei Antrieb durch Dieselmotoren ist die Außenpolmaschine am Platze. Ausführung wie unter IIIa.

c) Gleichstrom, ohne Zusatzschwungrad.

Dynamo: mit einlageriger Flanschwelle, einem Außenlager auf Sohlplatte (Form P).

Anker: mit Zahnkranz als Schwungrad ausgebildet.

d) Gleichstrom, mit Zusatzschwungrad.

Dynamo: mit einlageriger Flanschwelle und einem Außenlager auf Sohlplatte (Form P). Kupplung als Zusatzschwungrad ausgebildet.

Bei kleineren Einheiten wird auch eine verkürzte Grundplatte für die Dynamo nebst Außenlager vorgesehen (Form K) (oben links).

Bei schwerem Schwungrad, z. B. bei Dieselmotorenantrieb, wird ein Zwischenlager zwischen Flansch und Schwungrad angeordnet.

Bei kleineren Einheiten oder schlechtem Fundament wird die Grundplatte für die Dynamo hierbei zur Aufnahme des Zwischenlagers verlängert. Dieses Zwischenlager gehört meistens zur Lieferung der Antriebsmaschine (Form T).

IV. Wasserturbinen.

Zu beachten ist, daß der Rotor der Dynamo den mechanischen Beanspruchungen beim Durchgehen der Antriebsturbine gewachsen ist. Die vorkommenden Tourenerhöhungen können bis 80% der normalen Umlaufszahl betragen (Rotor aus Stahlguß, ev. schwalbenschwanzförmig eingesetzte Pole).

Die Generatoren können sowohl als reine Schwungradmaschinen als auch für Zusatzschwungrad gebaut werden; entscheidend ist die Platz- und Preisfrage. Kleinere Einheiten werden mittels elastischer Kupplung mit der Turbinenwelle verbunden (Form L), bei größeren Maschinensätzen ist starre Kupplung vorzuziehen (Form L oder R).

Ausführung der Dynamo: zweilagerig auf gemeinsamer Grundplatte (Form L), bei größeren Leistungen mit getrennten Sohlplatten (Form R). Die zweilagerige Welle erhält entweder festen Flansch oder ein freies Wellenende zur Aufnahme der einen Hälfte der elastischen Kupplung.

Turbinen mit stehender Welle bedingen stets Sonderausführungen der Dynamo, die von Fall zu Fall festgelegt werden müssen.

Ungleichförmigkeitsgrad und Parallelbetrieb.

Im Gegensatz zu Dampfturbinen, Wasserturbinen, Elektromotoren, die mit einer absolut gleichförmigen Drehgeschwindigkeit umlaufen, ist die Drehgeschwindigkeit einer Kolbenantriebsmaschine innerhalb einer Umdrehung ungleichförmig. Jede Kolbenmaschine erhält deshalb zum Ausgleich ein Schwungrad; je größer die Schwungmassen dieses Rades sind, um so gleichförmiger wird auch der Gang sein, um so kleiner ist der Ungleichförmigkeitsgrad, der als Maß für den Gang einer solchen Maschine gilt. Er soll möglichst nicht größer sein als etwa 1 : 150, um ruhiges, d. h. nicht flackerndes Licht zu erhalten.

Bei Gleichstromanlagen genügt diese Forderung auch für ein gutes Parallelarbeiten mehrerer Maschinensätze in der elektrischen Zentrale. Bei Wechselstromzentralen ist Vorsicht geboten, da durch die Rückwirkung der Netzbelastung auf die Maschinen in der Zentrale der Ungleichförmigkeitsgrad störend beeinflußt werden kann. Parallel geschaltete Drehstromdynamos können außer Tritt fallen.

Ein sicherer Parallelbetrieb von Drehstrommaschinen ist bei Antrieb durch Dampfmaschinen nur gewährleistet, wenn das Schwungmoment pro KVA Dynamoleistung bei 50 Perioden und bestimmten Umdrehungszahlen nicht kleiner gewählt wird, als die nachstehende Tabelle angibt.

Schwungmoment kgm² pro KVA Dynamoleistung.

Schwungmoment kgm²/KVA	768	600	458	343	246	144	119	77	49	28	16	8	3
Umdrehungszahl/min	94	100	107	115	125	143	150	167	187	215	250	300	375

Beispiel:

Eine liegende Tandem - Dampfmaschine von norm. 200 PS max. dauernd 250 PS Leistung bei 125 Umdrehungen soll eine Drehstrom-Schwungrad-Dynamo direkt antreiben. Die Dampfmaschine erfordert bei einem Ungleichförmigkeitsgrad von 1 : 150 ein Schwungmoment von 32 000 kgm². Wirkungsgrad der Dynamo 90%; $\cos \varphi = 0{,}8$.

Die Dynamoleistung berechnet sich nach der eingangs angegebenen Formel zu

$$KVA = \frac{225 \times 0,90 \times 0,736}{0,8} = 185 \text{ KVA}$$

Für je 1 KVA sind bei 125 Umdrehungen nach umstehender Tabelle 246 kgm^2 nötig. Mithin sind für Parallelbetrieb erforderlich

$$185 \times 246 = 45\,500 \text{ kgm}^2.$$

Wesentlich anders liegen die Verhältnisse bei Antrieb durch Gas- und Dieselmotoren nach dem 4-Takt-System und auch bei anderen Periodenzahlen. In derartigen Fällen ist eine Rückfrage nötig.

Motorgeneratoren.

Anwendungsgebiet:

1. Umformung von Wechselstrom und Drehstrom in Gleichstrom und umgekehrt in denjenigen Fällen, für welche die später zu behandelnden Einankerumformer sich nicht eignen;
2. Umformung von Drehstrom in Einphasenstrom oder in Drehstrom anderer Periodenzahl;
3. Umformung von Gleichstrom in Gleichstrom anderer Spannung (Zusatz-, Ausgleich-, Regulieraggregate).

Zu 1. Bei Umformung von Drehstrom in Gleichstrom, Antriebsmotor asynchron oder synchron laufend. Asynchronmotor ermöglicht einfachstes Anlassen, Anlasser für Anlauf mit geringer Last. Synchronmotor erfordert im allgemeinen Parallelschaltung wie bei Drehstrom-Generatoren. Umlaufszahl des Synchronmotors zwischen Leerlauf und Vollast konstant, $\cos \varphi = 1$, daher Verbesserung des Leistungsfaktors. Weitere Verbesserung durch Uebererregung möglich. Diese Vorteile fallen jedoch nur bei größeren Leistungen ins Gewicht. Anlassen des Synchronmotors entweder von der Gleichstromseite — hierbei Anlasser für ca. 20 % der Vollast — oder mittels Drehstrom-Anwurfsmotor, dessen Leistung kurzzeitig ca. 10 % der Leistung des Umformers betragen muß. Anwurfsmotor für nächsthöhere Umlaufszahl und Anlasser für entsprechende Verminderung der Umlaufszahl. Synchronmotor erfordert vorhandenen Gleichstrom für Erregung (110 oder 220 Volt), oder besondere Gleichstrom-Erregermaschine. Bei Spezialausführung des Synchronmotors kann das Anlassen auch drehstromseitig mittels Anlaßtransformators erfolgen. Anlaufstrom hierbei ca. ½ des Normalstromes.

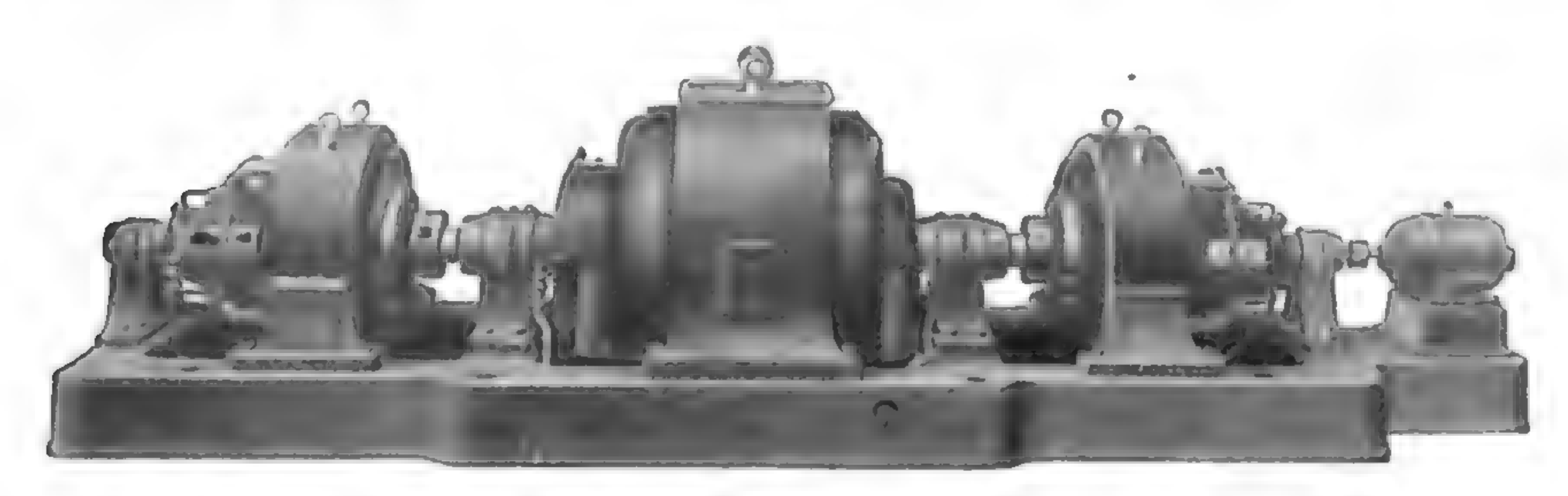
Bauart: Bis 150 kW, Lagerschildtypen, größere Leistungen Bocklagermaschinen.

Getrennte Aufstellung mit elastischen Kupplungen oder gemeinsame Grundplatte mit starrer Kupplung. Wendepole bei allen Gleichstrommaschinen. Für konstante Gleichstromspannung Kompoundwicklung.

Zu 2. Bei Umformung von Drehstrom in Einphasenstrom oder in Drehstrom anderer Periodenzahl im allgemeinen zwei Synchronmaschinen. Anlassen mit Anwurfsmotor. Erregermaschine ausreichend für beide Synchronmaschinen falls Gleichstrom nicht zur Verfügung. Verwendung von Periodenumformer zum Parallelschalten zweier Zentralen nicht ratsam; da leicht Pendelungen möglich und Ueberlastung, wenn Umformerleistung im Verhältnis zur Leistung einer der Zentralen klein.

Zu 3. Lade-Aggregate mit Gleichstrom-Maschinen für erhöhte Spannung erfordern bei Gleichstrom-Motoren Regulierung der Umlaufzahl zur Erzielung der erhöhten Ladespannung. Entsprechender Regulieranlasser mit Anlauf für geringe Last. Wattleistung konstant, deshalb bei Steigerung der Spannung Stromstärke kleiner. Bei Drehstrommotor ist Umlaufszahl für die höchste Gleichstromspannung zu bemessen. Besonderer Nebenschluß-Regulator (Bezeichnung K). Gleichstrom-Maschine mit Nebenschlußwicklung. Falls Kompoundwicklung, diese bei Ladung abschaltbar einzurichten.

Zusatzaggregate erfordern stets fremde Erregung. Hierfür besonderer Nebenschluß-Regulator (Bezeichnung Z). Leistung der Zusatzmaschine bestimmt durch größte Stromstärke und höchste Spannung. Leistung des Motors entsprechend höchster Spannung und $^2/_3$ der höchsten Stromstärke wählen. Anlasser für Regulierung der Umlaufzahl und Anlauf für geringe Last.



Motorgenerator, bestehend aus einem Drehstrom-Motor, 1500 Umdr., 2000 kW, zwei Gleichstrom-Dynamos und Erregermaschine.

Ausgleichmaschinen dienen zum Ausgleich der verschiedenen Belastung in den Netzhälften eines Dreileitersystems und zur Konstanthaltung der Spannung in beiden Netzhälften. Leistung jeder Maschine gleich der Hälfte des Nulleiterstromes mal Spannung in Netzhälfte. Erforderlich sind zwei Nebenschluß-Regulatoren und ein Anlasser mit Nullklemme. Erregung über Kreuz. Bei Kupplung des Ausgleichaggregates mit einer Zusatzmaschine (Dreimaschinen-Aggregat) dienen die Ausgleichmaschinen als Antriebsmotoren für die Zusatzmaschine.

Bei Umformung von Gleichstrom in Gleichstrom anderer konstanter Spannung ist Sparschaltung vorteilhaft, da Typen und Verluste entsprechend kleiner ausfallen. Lohnend jedoch nur, wenn Verhältnis beider Spannungen 1 : 2 oder höchstens 1 : 3 ist.

Pufferaggregate (Booster) für Akkumulatorenanlagen werden in verschiedenen Schaltungen (Pirani, Highfield) ausgeführt. Erregung der

Dynamo wird von der Stromstärke des Netzes beeinflußt. Stets besondere Berechnung notwendig, deshalb Angaben über Primärspannung desjenigen Netzstromes, bei welchem die Spannung der Zusatzmaschine null sein soll, des höchst zulässigen Ladestromes der Batterie, des Entladestromes der Batterie bei einstündiger Entladung erforderlich.

Regulier-Aggregate werden in Leonardschaltung und Zu- und Gegenschaltung ausgeführt. Hierfür Spezialanlasser und Regulatoren.

Einanker-Umformer.

Anwendungsgebiet:

Für Umformung von Drehstrom in Gleichstrom und umgekehrt.

Für Leistungen von etwa 40 kW aufwärts und konstante Spannung oder Spannungsregulierung innerhalb der Grenzen ± 25 Prozent.

Bei höheren Spannungsregulierungen als ± 25 Prozent, ferner bei größeren, plötzlich auftretenden Spannungsänderungen im Netz und hierbei erforderlichem Parallelbetrieb sind Motor-Generatoren zu verwenden.

Vorteile der Einanker-Umformer:

Hoher Wirkungsgrad, niedrige Anschaffungskosten und geringer Platzbedarf im Vergleich zu Motor-Generatoren.

Spannungsverhältnisse:

Bis etwa 300 kW werden die Einanker-Umformer dreiphasig, für höhere Leistungen sechsphasig gebaut. Bei dreiphasigen Umformern ist das Verhältnis der Drehstrom- zur Gleichstromspannung 0,615 bis 0,66, bei sechsphasigen Umformern 0,71 bis 0,76.

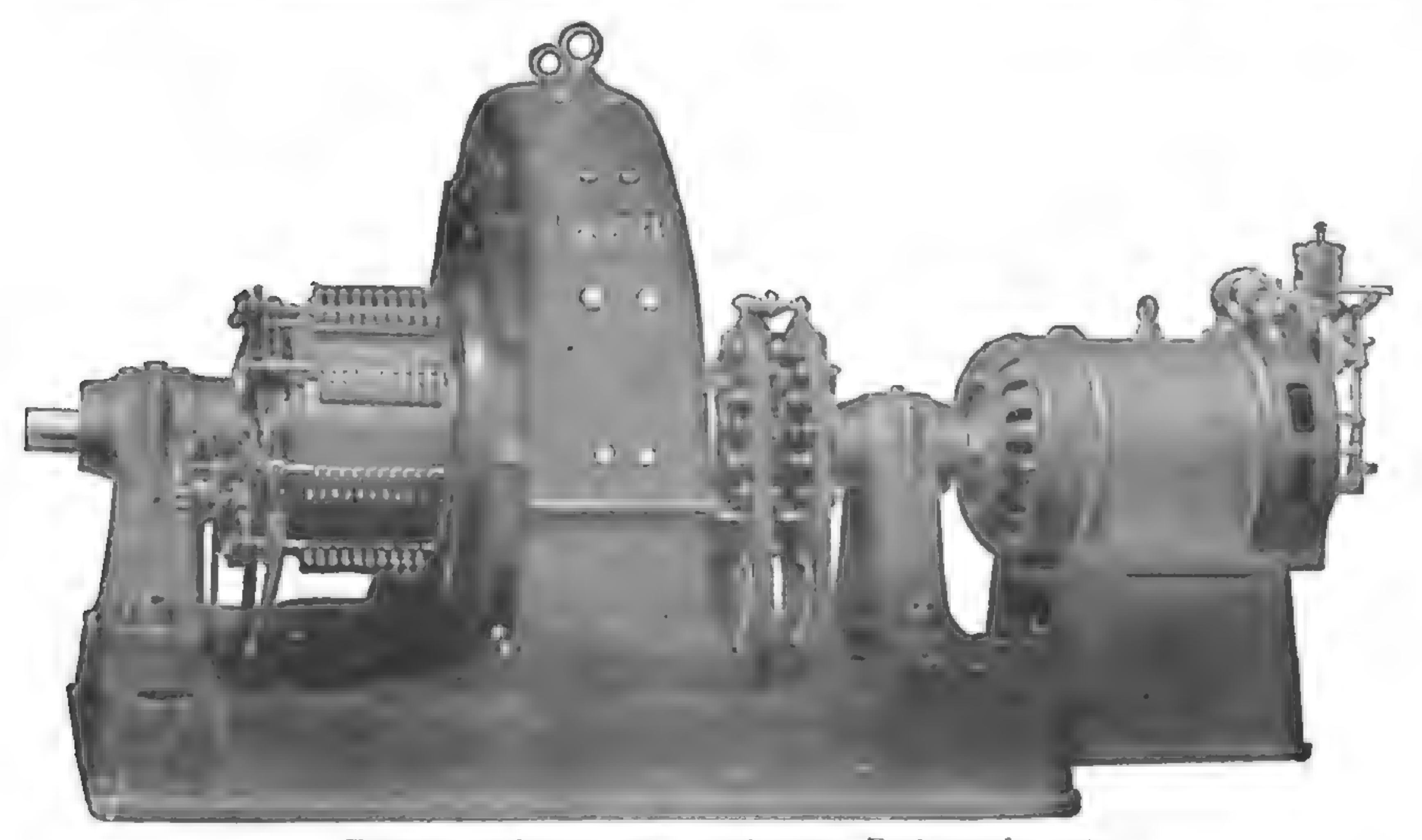
Das Uebersetzungsverhältnis ist fest, deshalb ist zur Erzielung der verlangten Gebrauchsspannung fast stets ein Transformator erforderlich. Das Uebersetzungsverhältnis ist nahezu bei allen Belastungen konstant. Der Spannungsabfall zwischen Leerlauf und Vollast beträgt höchstens vier Prozent. Der Leistungsfaktor ist mittels des Nebenschlußregulators auf $\cos \varphi = 1$ einstellbar.

Wenn der Einankerumformer in der Richtung Gleichstrom—Drehstrom oder nach beiden Richtungen arbeiten soll, so sind besondere Maßnahmen erforderlich, um ein stetiges Arbeiten zu erzielen.

Spannungsregulierung:

Für die Spannungsregulierung kommt bei Regulierung bis + 5 % eine Regulierdrosselspule, bei Regulierung bis + 25 % ein Drehtransformator in Betracht. Der Drehtransformator hat Sparschaltung, bei dem die primäre und sekundäre Wicklung gegeneinander verdreht werden können. Im Aufbau gleicht er einem Drehstrom-

motor. Bei Regelung der Spannung durch Drosselspule tritt eine Phasenverschiebung bis $\cos \varphi = 0{,}8$ ein. Hierdurch werden verstärkte Feldspulen erforderlich, ebenso fällt der Transformator etwas größer aus. Wenn bei schwankender Drehstromspannung selbsttätig konstante Gleichstromspannung verlangt wird, kann die Regulierung durch ein auf der Gleichstrom- oder Drehstromseite liegendes Relais erfolgen, welches den Drehtransformator oder bei Drosselspulregulierung den Neben-



Einankerumformer mit angebautem Drehtransformator.

schlußregler betätigt. Hierbei ist Voraussetzung, daß die Spannungsänderung nur so schnell erfolgt, daß die Regulierung vor allem bei Verwendung eines Drehtransformators mit genügender Schnelligkeit nachkommen kann. Wird bei konstanter Drehstromspannung eine selbsttätig praktisch konstante Gleichstromspannung verlangt, so genügt eine Kompoundierung unter Verwendung einer Drosselspule.

Anlassen.

Unter den verschiedenen Anlaßmethoden*) steht das asynchrone Anlassen an erster Stelle. Hierbei wird der Nebenschlußregulator in seine normale Vollaststellung gebracht und der Umformer durch einen Schalter an eine durch Anzapfung auf der Sekundärseite des Transformators erhaltene Teilspannung gelegt, die etwa 20—40% der Vollastspannung beträgt. Wenn der Umformer die synchrone Drehzahl erreicht hat, wird er durch einen, bei größeren Maschinen mit einem Vorkontakt und Ueberschaltwiderstand versehenen Schalter auf die volle Spannung umgeschaltet, er läuft also vollkommen automatisch in Synchronismus. Die Polarität auf der Gleichstromseite kann hierbei verschieden ausfallen. Bei falscher Polarität kann man den Umformer durch kurzzeitiges drehstromseitiges Ab- und wieder Einschalten so weit zum Schlüpfen bringen, daß die richtige Polarität eintritt. Ein weiteres Mittel zur Umkehrung

*) Druckschrift AEG Einankerumformer J. 4/1022, 2. Auflage.

der Polarität ist in dem Umschalten des Erregerfeldes gegeben. Bei großen Einankerumformern, bei denen die Trägheit schnelle Aenderungen in der Drehzahl verhindert, kann man auch kurz vor dem Synchronisieren dadurch die richtige Polarität abfangen, daß man den Feldkreis unterbricht und erst bei richtiger Polarität wieder einschaltet. Im Gegensatz zum asynchronen Anlassen verlangen die nächsten beiden gebräuchlichsten Anlaßmethoden ein Synchronisieren beim Einschalten. In beiden Fällen sind die gleichen Punkte wie beim Parallelschalten von Drehstromgeneratoren zu beobachten. Diese Anlaßmethoden sind:

1. Anlassen durch Anwurfmotor (s. Motorgeneratoren „Zu 1“).
2. Anlassen von Gleichstromseite mittels Anlassers für etwa 10% des Vollaststromes.

Parallelbetrieb.

Die Umformer arbeiten anstandslos mit anderen Umformern, Motorgeneratoren und Batterien parallel. Schwierigkeiten können nur dann entstehen, wenn plötzliche Spannungsänderungen im Drehstromnetz auftreten oder wenn die Eigenschwingungen des Umformers in Resonanz mit den Schwingungen der Netzmaschinen geraten. Der erstere Fall macht ein gutes Parallelarbeiten unmöglich. Zur Vermeidung der zweiten Schwierigkeit sind die Umformer entsprechend zu bauen, weshalb genaue Angaben über die Art der Antriebsmaschinen der Drehstromzentralen, an welche der Umformer angeschlossen wird, gemacht werden müssen (siehe Fragebogen über Einankerumformer).

Spannungsteilung.

Zur Spannungsteilung genügt es, den sekundären Nullpunkt des Transformators als Nulleiter herauszuführen. Es ist aber darauf zu achten, daß bei Sechsphasen-Umformern auch die Drosselspule bzw. der Drehtransformator sechsphasig ausgeführt wird.

Gleichrichter.

Wirkungsweise.

Die Wirkungsweise der Quecksilberdampf-Gleichrichter beruht auf der Ventilwirkung eines nahezu luftleeren, mit Quecksilberdämpfen gefüllten Gefäßes. Diese Dämpfe besitzen die Eigenschaft, den elektrischen Strom nur in einer Richtung, und zwar von der Anode zur Kathode durchzulassen, ihm aber in der entgegengesetzten Richtung einen praktisch unendlich hohen Widerstand entgegenzusetzen. Die Wirkungsweise ist daher mit der eines Rückschlagventils zu vergleichen. Wird der Gleichrichter in entsprechender Schaltung an ein Wechselstrom- oder Drehstromnetz angeschlossen, so kann demgemäß nur ein Stromübergang von der Anode zur Kathode eintreten. Die Kathode — im

Gleichrichter der negative Pol — bildet daher für die Gleichstromanlage sinngemäß den positiven Pol. Der negative Pol der Gleichstromanlage ist mit dem Nullpunkt des Drehstrom- oder Wechselstromnetzes verbunden. Ein geschlossener Stromkreis verläuft infolgedessen von der Transformator-Sekundärseite abwechselnd über eine der Anoden des Gleichrichters, weiter über die Gleichstrom-Sammelschienen zu dem Nullpunkt zurück (Abb. 1).

Abb. 1.
Prinzipielle Schaltung eines Quecksilberdampf-Gleichrichters.

Zur Leitung der Elektrizität dient im Gleichrichter der jonisierte Quecksilberdampf. Die Jonisierung erfolgt durch den sogenannten Kathodenfleck, d. h. der Austrittsstelle der negativen Elektronen aus dem Quecksilber. Da der Widerstand des Quecksilberdampfes abhängig ist von dem Druck, und zwar erst bei sehr niederen Drücken so gering ist, daß nennenswerte Verluste nicht mehr auftreten, so muß für fast vollständige Luftleere im Apparate gesorgt werden.

Die Kathode wird durch Quecksilber gebildet, das sich in einer gegen den Hauptkörper isolierten und gekühlten Eisenschale befindet. Zur Inbetriebnahme wird die Kathode durch einen Hilfslichtbogen örtlich erhitzt, wodurch sich der erwähnte Kathodenfleck bildet und die Arbeit des Gleichrichters eingeleitet wird. Quecksilber ist für diesen Zweck besonders geeignet, weil es infolge seiner niedrigen Verdampfungstemperatur den für die Strombahn erforderlichen Dampf schnell entwickelt.

Infolge der hohen Luftleere wird eine Oxydation des Quecksilbers verhindert; ein Verbrauch desselben tritt also nicht ein. Die entstehenden Dämpfe werden in einem über der Kathode befindlichen Kühlraum kondensiert und fließen in die, die Kathode bildende Schale zurück. — Für die Anode ist dagegen Eisen gewählt.



Die Verluste innerhalb des Gleichrichters setzen sich zusammen aus dem Spannungsverlust beim Stromübergang an Anode und Kathode und aus dem Spannungsabfall innerhalb der Gasstrecke. Während die Stromübergangs-Verluste von der Konstruktion unabhängig sind, kann der Spannungsabfallverlust, obwohl an und für sich gering, durch richtige konstruktive Anordnungen, d. h. durch geschickte Führung des Lichtbogens auf ein Mindestmaß gebracht werden.

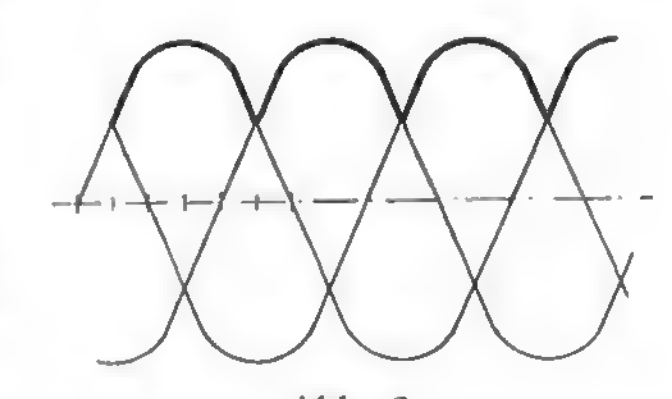


Abb. 2.
Spannungsverlauf im Quecksilberdampf-Gleichrichter.

Für die Beurteilung eines Gleichrichters in bezug auf Spannung, Leistung und Wirkungsgrad sind nachfolgende Gesichtspunkte maßgebend:

1. Die Größe bezw. Leistungsfähigkeit des Gleichrichters wird bestimmt durch die Amperezahl, für die er gebaut ist, nicht durch die Leistung in Kilowatt. Z. B. leistet ein Gleichrichter der 500-

Amp.-Type bei 500 Volt Gleichstromspannung 250 kW, die gleiche Type bei 110 Volt Gleichstromspannung nur 55 kW.

2. Der im Quecksilberlichtbogen auftretende Spannungsabfall ist unabhängig von der aufgedrückten bzw. abgenommenen Spannung und fast unabhängig von der Stromstärke bzw. von der Belastung. Der Wirkungsgrad bleibt daher von geringer Belastung bis zur Vollast nahezu konstant.

3. Der Wirkungsgrad des Gleichrichters ist abhängig von der Gleichstromspannung (vergl. auch Punkt 1), da die Spannungsverluste innerhalb des Gleichrichters zahlenmäßig gleich hoch bleiben, gleichgültig, welche Gleichstromspannung abgegeben wird. So beträgt z. B. der Wirkungsgrad eines 500-Amp.-Gleichrichters bei 500 Volt etwa 94,5 Prozent, während der Wirkungsgrad derselben Type bei 110 Volt nur etwa 75 Prozent beträgt.

Schaltung.

Da der Gleichrichter, wie oben näher dargelegt, dem Strom nur in einer Richtung Durchgang gewährt, so arbeitet die betreffende Anode des Gleichrichters nur während des Zeitintervalles, währenddessen diese Phase ein höheres Potential gegenüber dem Nullpunkt besitzt als die übrigen (Abb. 2).

Im Primärteile der Anlage findet trotzdem durch Ueberlagerung der einzelnen Wellenzüge ein Ausgleich statt, d. h. die Belastung aller drei Phasen ist vollständig gleichmäßig. Da, wie bereits gesagt, die Anoden des Gleichrichters nicht während der ganzen Dauer einer Periode Strom führen, so wird das sekundäre Kupfer der Transformatoren ungünstig ausgenutzt, d. h. der Transformator wird sekundär im Kupfer größer als einer für normale Zwecke. Für den Transformator ist aus diesem Grunde eine Type erforderlich, die etwa der 1,7fachen der Gleichstromleistung entspricht.

Für das dauernde Arbeiten des Gleichrichters ist erforderlich, daß der Kathodenfleck nicht erlischt. Ein Verschwinden des Stromes während eines Bruchteils einer Sekunde genügt, um die Temperatur so weit zu erniedrigen, daß eine Wiederentzündung nicht eintritt. Dieser Vorgang würde beim Einphasenstrom bei jedem Durchgang durch Null eintreten, wenn man nicht durch Einbau von Drosselspulen dafür sorgt, daß sich die Halbwellen etwas überdecken. Diese Drosselspulen, die bei Drehstrom wegen der Ueberdeckung der Phasen nicht in Frage kommen, dienen aber gleichzeitig auch noch einem anderen Zweck, nämlich die Kurvenform des Gleichstromes zu verflachen.

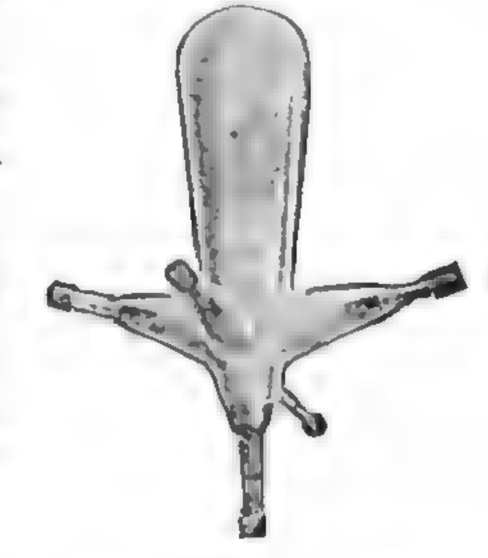


Abb. 3.
Drehstrom-Glaskolben.

Die Drosselspule hat das Bestreben, ein Ansteigen des Stromes zu verhindern, bzw. einen Abfall des Stromes zu verzögern, also gleichsam eine gewisse Trägheit hervorzurufen. Infolge dieser „Trägheit" speichert die Drosselspule, wenn sie mit Wechselstrom gespeist wird, während des Ansteigens des Stromes einen Teil der elektrischen Arbeit in sich auf, den sie beim Abnehmen des Stromes wieder abgibt.

Die Inbetriebsetzung des Gleichrichters erfolgt durch Einleitung eines Hilfslichtbogens durch eine Hilfsanode. Wird betriebsmäßig der Nutzgleichstrom häufiger unterbrochen wie bei Straßenbahnen, Kranen usw., so muß der Hilfslichtbogen dauernd brennen, oder es muß durch Hinzufügen einer kleinen Grundbelastung eine Unterbrechung des Hauptstromes vermieden werden.

Vorzüge.

Die Vorzüge des Gleichrichters sind kurz zusammengefaßt folgende:

Der Wirkungsgrad bleibt bei allen Belastungen nahezu konstant.

Einfache Inbetriebsetzung und Wartung, keine Synchronisierung.

Geringste Abnutzung, da keine beweglichen Teile vorhanden.

Absolute Geräuschlosigkeit.

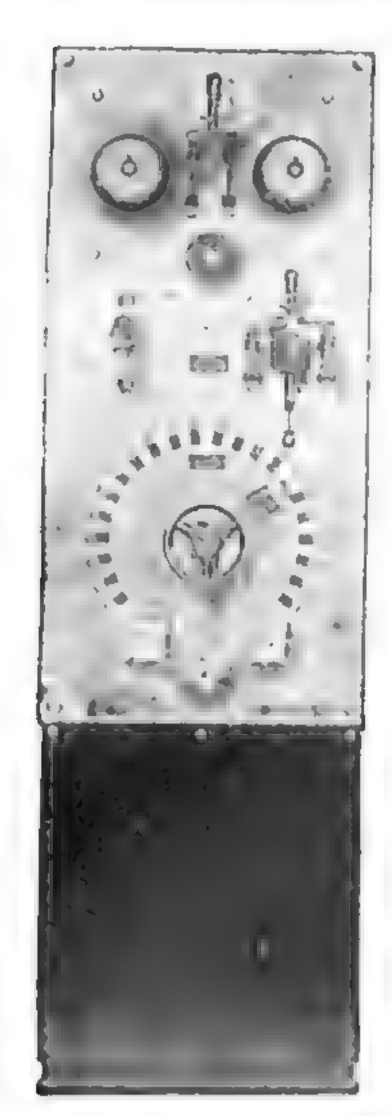
Geringes Gewicht und demzufolge keine besonderen Fundamente.

Große momentane Ueberlastungsfähigkeit und Unempfindlichkeit gegen Belastungsstöße.

Größtmögliche Reserve, da die Aufstellung mehrerer Aggregate den Wirkungsgrad nicht ungünstig beeinflußt.

Glasgleichrichter.

Bis 100 Amp. werden Glaskörper verwendet (Abb. 3), in welchen die Umwandlung vor sich geht. Außerdem enthalten die Gleichrichter alle erforderlichen Schalt- und Regulierapparate auf einer Schalttafel zusammenmontiert. Sie werden für Wechselstrom für 5, 10, 20, 30 und 40 Amp. (Abb. 4), für Drehstrom für 30, 40 und 100 Amp. (Abb. 5) hergestellt, wobei sie für alle gebräuchlichen Spannungen bei gleichbleibender Stromstärke verwendet werden können, also eine um so höhere Leistung umwandeln, je höher die Spannung ist. Die abgegebene Gleichstromspannung steht in einem bestimmten Verhältnis zur zugeführten Drehstromspannung, und zwar muß die verkettete Drehstromspannung gleich 1,6 mal der Gleichstromspannung + 28 Volt sein. Dies ergibt für 220 Volt Gleichstrom gerade 380 Volt Drehstrom und für 120 Volt Gleichstrom gerade 220 Volt Drehstrom. Diese Werte gestatten in vielen Fällen den unmittelbaren Anschluß an Drehstromnetze, wenn der Nullleiter des Drehstromnetzes zugänglich ist, welcher den zweiten Pol des Gleichstromes bildet (Abb. 1). Der Nullleiter muß also die volle Stromstärke des Gleichstromes auf-



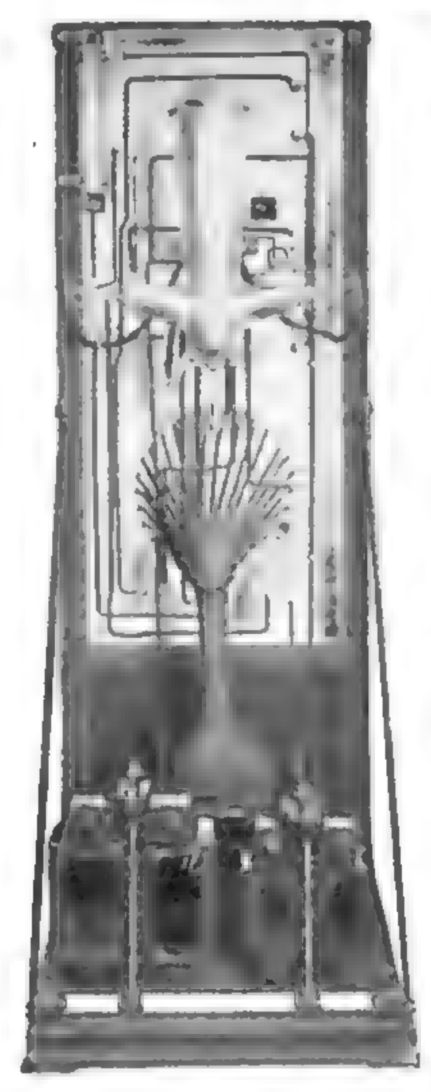


Abb. 4.
Vorder- und Rückansicht von Wechselstrom-Gleichrichter 20 bis 40 Amp.

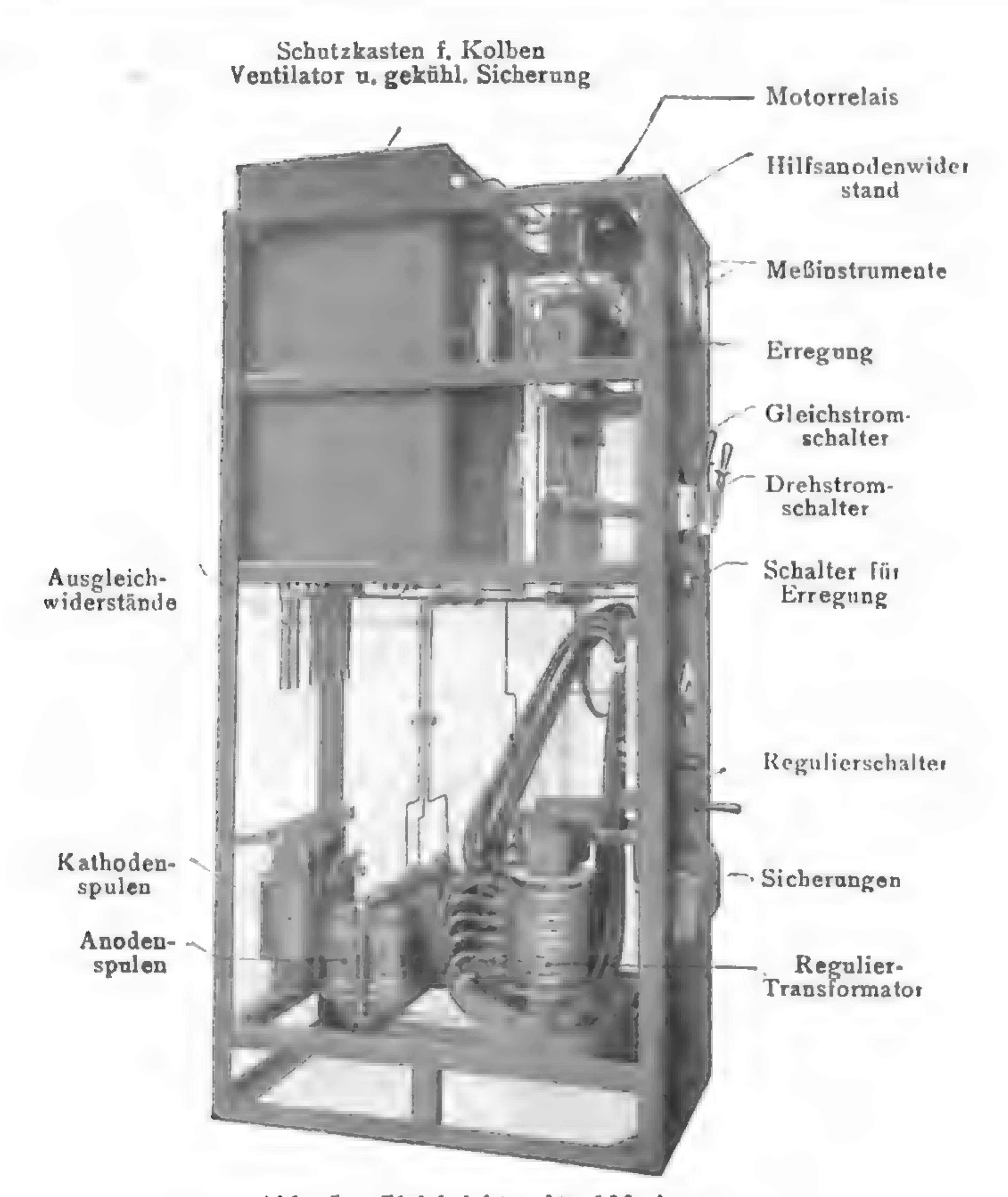


Abb. 5. Gleichrichter für 100 Amp

nehmen können und soll nicht geerdet sein, da er sonst auch das Gleichstromnetz einpolig erdet. Ist aus diesen Gründen ein Anschluß an ein Drehstromnetz nicht unmittelbar angängig, so ist ein besonderer Transformator aufzustellen, welcher Dreieck-Stern- oder Stern-Zickzack-Schaltung haben muß. Dieser Transformator ist für die 1,7 fache Gleichstromleistung zu bemessen (siehe unter „Schaltung").

Bei Parallelschaltung von Glasgleichrichtern werden sie so eingerichtet, daß sich jedesmal ein neuer Gleichrichter selbsttätig zuschaltet, sobald die Belastung für die arbeitenden Gleichrichter zu hoch wird. Für Dreileiter-Gleichstromnetze müssen die Gleichrichter auf die Außenleiter arbeiten, während die Spannungsteilung durch Akkumulatoren oder rotierendes Ausgleichsaggregat erfolgt.

Eisengleichrichter.

Für höhere Stromstärken als 100 Amp. werden — neben der Parallelschaltung bis zu 5 Einheiten — Eisengleichrichter für 250

und 500 Amp. ebenfalls bei allen Spannungen gebaut, welche statt der Glaskolben Eisenzylinder benutzen (Abb. 6). Während der Glaskolben durch allmähliches Nachlassen des Vakuums eine begrenzte Lebensdauer hat (mehrere tausend Betriebsstunden), wird das Vakuum beim Eisengleichrichter durch eine Luftpumpe stets auf gleicher Höhe gehalten. Zum Großgleichrichter gehören Vakuumpumpe und Zündumformer und eine Reihe von Nebenapparaten.

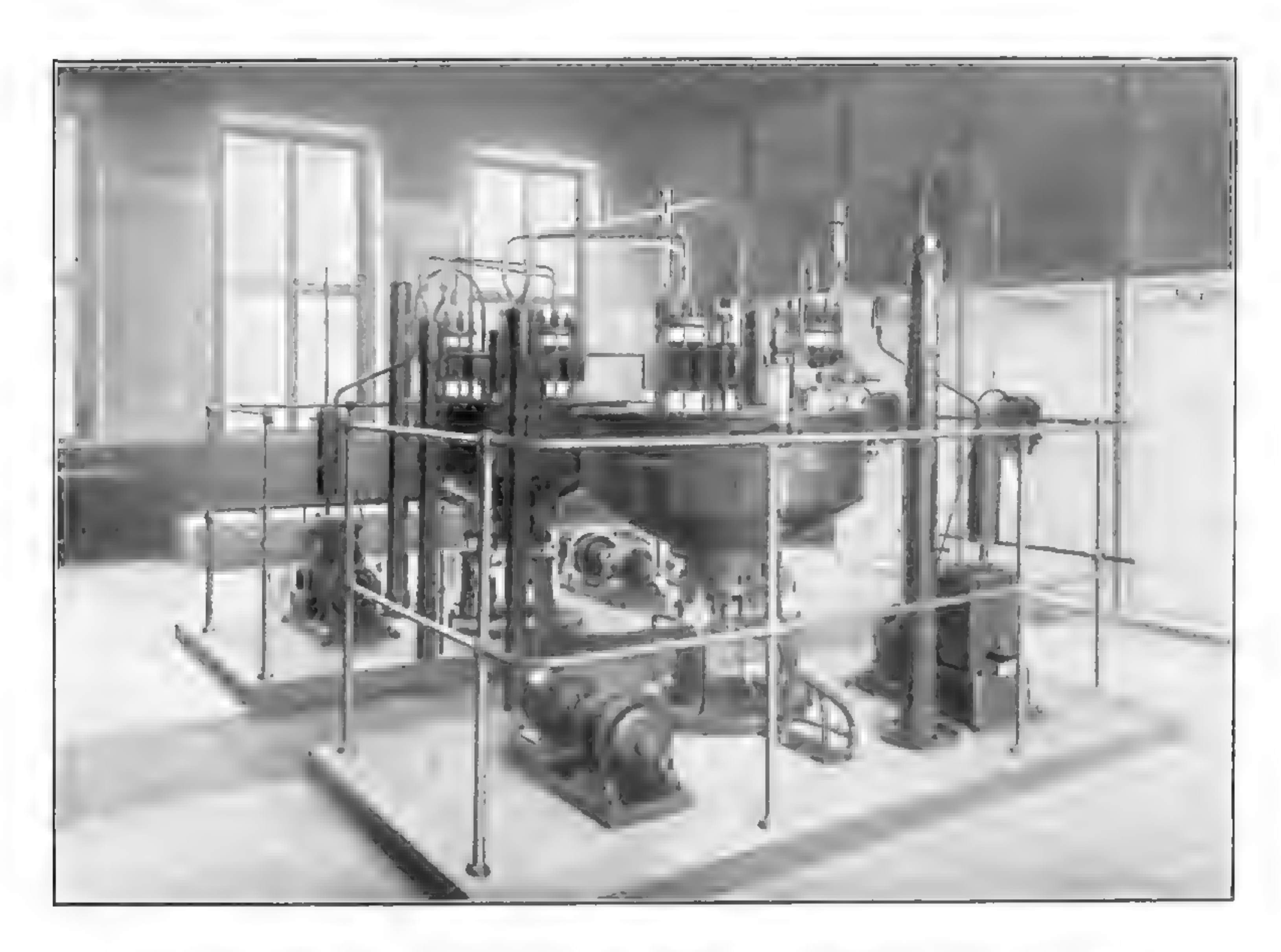


Abb. 6. Zwei Großgleichrichter je 500 Amp. 470 Volt Gleichstrom.

Anwendungsgebiete

der Gleichrichter für Wechselstrom und geringe Leistungen sind u. a. Laden von Batterien für Fernsprechzwecke, automatische Zündbatterien, Projektionslampen usw.

Bei Drehstrom und mittleren Leistungen: Anschluß von Gleichstromanlagen an Drehstromnetze, vielfach zur Unterstützung vorhandener Dynamomaschinen, als Momentanreserve und als Ersatz für Akkumulatorenbatterien.

Großgleichrichter verwendet man zum Anschluß ganzer Orte an Ueberlandzentralen, zum Betriebe von Straßenbahnen usw.

Hebezeuge.

Allgemeine Arbeitsbedingungen.

Die elekrische Ausrüstung eines Hebezeuges umfaßt:

a) Motoren,
b) Steuerapparate und Widerstände,
c) Sicherheitsvorrichtungen,
d) Bremslüfter,
e) Schleifleitungen und Stromabnehmer,
f) die Schaltanlage und die Installation.

Hebezeug-Ausrüstungen sind den Arbeitsbedingungen des aussetzenden Betriebes unterworfen, der durch ständigen Wechsel von kurzzeitigen Einschaltungen und Ruhepausen von mehrfacher Länge gekennzeichnet ist.

Zumeist dauert das Einschalten weniger als eine Minute, die Pause mehrere Minuten. — Das Einschalten erfolgt abwechselnd in verschiedenen Richtungen; auf Heben folgt Senken, auf Vorwärtsfahren folgt Rückwärtsgang, weil die Hub- und Fahrstrecken beiderseitig begrenzt sind. Mithin kommt für Hebezeuge immer eine erhebliche Zahl von Schaltungen in Frage. — Die zu bewegenden Lasten wechseln mehr oder weniger in ihrer Größe. Maßgebend für die Bemessung der elektrischen Ausrüstung ist die Höchstlast, die „Vollast“, und man bezeichnet diejenige Motorleistung, die zum Bewegen der Vollast mit der vollen Geschwindigkeit erforderlich ist, als „Vollastleistung“.



Die Arbeitsbedingungen des aussetzenden Betriebes sind durch folgende vier Richtwerte gekennzeichnet, die vor der Wahl der elektrischen Ausrüstung angenähert ermittelt werden müssen.

Richtwert 1. **Die prozentuale Einschaltdauer,** d. i. derjenige Teil der Gesamtbetriebszeit, während dem der Antriebsmotor eingeschaltet ist.

$$\text{Prozentuale Einschaltdauer} = 100 \times \frac{\text{Einschaltzeit}}{\text{Einschaltzeit} + \text{Ruhepause}}$$

15 % Einschaltdauer gilt als leichter Betrieb (Maschinenhauskran)
25 % „ „ „ normaler „ (flott betriebener Werkstättenkran)
35 % „ „ „ schwerer „ (Stahlwerkskran)

Richtwert 2. **Die prozentuale Last,** d. i. das Verhältnis der mittleren Betriebslast zur Vollast.

$$\text{Prozentuale Last} = 100 \times \frac{\text{mittlere Last}}{\text{Vollast}}$$

Hierbei wird unter „Last“ die Summe von Nutzlast + toter Last verstanden.

Prozentuale Lasten unter 50 bis 60 % gelten als wechselnde Lasten.

Hubmotoren für Stücklasten sind wechselnd, Kranfahrmotoren dagegen zumeist voll belastet.

Richtwert 3. **Die Beschleunigungsarbeit** für die Beschleunigung der Massen auf volle Geschwindigkeit, gekennzeichnet durch diejenige „Beschleunigungszeit“, die beim Beschleunigen mit dem doppelten Drehmoment der Vollastleistung erforderlich ist. Beschleunigungszeit und -Zahl der stündlichen Einschaltungen des Steuerapparates bestimmen zusammen den erforderlichen Beschleunigungszuschlag zur Motorleistung, z. B. beim Kranfahrmotor eines Stahlwerkkrans.

Richtwert 4. **Die Schalthäufigkeit,** d. i. die Zahl der Einschaltungen des Steuerapparates in einer Stunde flotten Betriebs, kennzeichnet zusammen mit den an die **Regulierung** gestellten Anforderungen die Art des Schaltbetriebes. — Der normale Schaltbetrieb mit höchstens 150 Einschaltungen je Stunde erfordert stoßfreies Anlaufen des Motors (Werkstättenkran). — Der Anlaufregulier-Schaltbetrieb mit 150 bis höchstens 300 Schaltungen je Stunde verlangt sanftes Anlaufen und feine Regulierung (Gießereikran). — Der schwere (Beschleunigungs-)Schaltbetrieb mit 200 bis höchstens 600 Schaltungen erfordert schnelle Beschleunigung häufig größerer Massen (Stahlwerkskran).

Die Bedeutung dieser vier Richtwerte für die einzelnen Ausrüstungsteile ist folgende:

Der Motor muß um so reichlicher bemessen werden, je größer die vier Werte sind. Bei den Steuerapparaten spielen nur die Werte 3 und 4 eine Rolle. Für die Bemessung der Sicherheitsvorrichtungen ist Wert 3, der Bremslüfter Wert 1 und der Drehstrommagneten Wert 4 maßgebend.

a) Motoren.

Die Belastbarkeit eines Elektromotors ist durch die in den Normalien des Verbandes Deutscher Elektrotechniker für die Prüfung und Bewertung elektrischer Maschinen niedergelegten Temperaturgrenzen bestimmt. Der Eigenart des aussetzenden Betriebes ist seitens des V. D. E. bisher nur durch verschieden lange Prüfzeiten und Abstemplung der Maschinen mit den Zeitleistungen bei 30, 45, 60 oder 90 Minutenbetrieb Rechnung getragen worden. Der V. D. E. hat aber in Aussicht genommen, die Zeitleistung durch die dem wirklichen Betrieb viel besser gerecht werdende „Aussetzleistung" bei verschiedener prozentualer Einschaltdauer (siehe Richtwert 1) zu ersetzen.

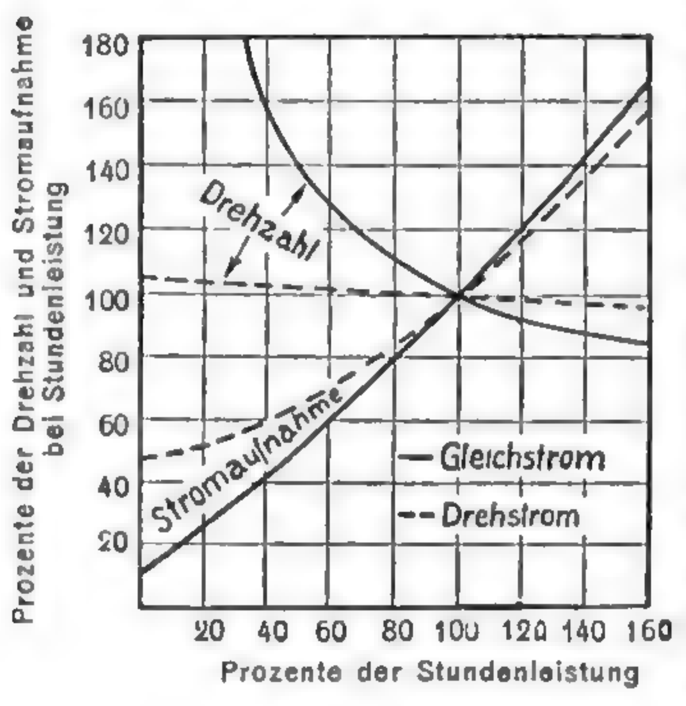


Abb. 1.
Abhängigkeit der Umlaufszahl und der Stromaufnahme von der Motorleistung.

Die AEG führt in ihren Listen und „Belastungsreihen" bereits neben den Zeitleistungen die Aussetzleistungen nach der folgenden Tabelle:

Bei Gleichstrom werden Hauptstrommotoren verwendet, die beim Anzug große Kräfte entwickeln und mit sinkender Belastung schneller laufen (Abb. 1).

Bei Drehstrom werden Asynchronmotoren mit Schleifringläufern verwendet, deren Drehzahl und Stromverhältnisse in Abb. 1 dargestellt sind. Hier steigert sich die Drehzahl bei sinkender Belastung nur ganz unwesentlich. Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufer werden nur für Kleinhebezeuge verwendet.

Belastungsreihen der Motoren

für aussetzenden Betrieb.

Belastungsreihe	Betriebs- Art	Betriebs- Last	Prozentuale Einschaltdauer
I	leicht	wechselnd	15 %
II	leicht	voll	15 %
II	normal	wechselnd	25 %
III	normal	voll	25 %
III	schwer	wechselnd	35 %
IV	schwer	voll	35 %

b) Steuerapparate.

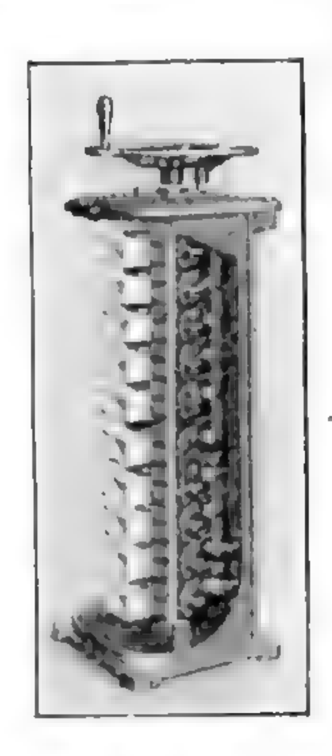
Mit den Steuerapparaten wird Vorwärtsfahrt, Rückwärtsfahrt und Bremsen eingestellt, der Motor angelassen und in seiner Geschwindigkeit geregelt. Ueber die Art der Steuerapparate und ihre Verwendung gibt die Tabelle auf Seite 223 Aufschluß:

Bei den Steuerapparaten werden drei Bauarten unterschieden:

1. Kontroller, auch Steuerwalzen genannt, bei denen eine Reihe Kontaktringe gegenüber feststehenden Kontakten in der Form von Schleiffingern (Abb. 2) gedreht werden.
2. Steuerschalter. Bei diesen wird der Schaltvorgang durch Einzelschalter mit Kupferwälzkontakten ausgeführt. Ihre Betätigung erfolgt durch Kurvenscheiben, die auf einer drehbaren Schaltachse sitzen (Abb. 3).


Abb. 2.
Kontroller.

3. Schützensteuerungen, bei denen der Schaltvorgang in besonderen elektromagnetisch betätigten Schaltapparaten, sogenannten Schützen, stattfindet, die mit Kupferwälzkontakten ausgestattet sind (Abb. 4). Der Betätigungsstrom für diese Schützen wird durch einen sogenannten Führerkontroller etwa in der Form der Abbildung 2 bewirkt, dessen Abmessungen jedoch selbst für sehr große Schaltleistungen klein bleiben.


Abb. 3.
Steuerschalter.

Kontroller sind für normalen, Steuerschalter und Schützensteuerungen für schweren Schaltbetrieb (letztere für große Leistungen) bestimmt.

Abb. 4.
Schütz.

Die Steuerapparate können durch verschiedene Bedienungselemente in Tätigkeit gesetzt werden. Als Richtlinie für die Wahl der Bedienungselemente gelte, daß bei normalem und Anlaufregulier-Schaltbetrieb das Handrad am geeignetsten ist, während für schweren Schaltbetrieb Hebel- und Universalsteuerung den Vorzug verdienen, weil sie die Bedienung wesentlich vereinfachen.

Tabelle der Steuerapparate.

Schaltbetrieb	Zahl der Schaltungen in der Stunde	Schaltleistung in % der Listenleistung			Bedienungselement	Beispiele
		Kontroller	Steuerschalter	Schützensteuerung		
Leichter	bis 50	125 %	—	—	Seilscheibe, Handrad	Kleinkraft-Hebezeuge Maschinenhauskrane
Normaler	bis 150	100 %	—	125 %	Handrad, Hebel, Univers.	Werkstättenkrane Chargiermaschinen Walzenwechselkrane
Anlaufregulier	150 bis 300	90 %	—	125 %	Handrad	Gießereikrane Nietkrane
Schwerer	200 400 600	80 % 65 % —	125 % 100 % 100 %	125 % 100 % 100 %	Handrad, Hebel, Univers.	Greiferkrane Stahlwerkskrane

In den nachfolgenden Tabellen wird eine Uebersicht über die bei Fahr- und Hubbetrieben üblichen Schaltungen, die Typen der Steuerapparate sowie das geeignete Anwendungsgebiet gegeben. Die Schaltdiagramme lassen das Wesen der betreffenden Schaltung erkennen. In der wagerechten Richtung ist der Schaltweg aufgetragen, in senkrechter Richtung die ungefähre Größe der Schaltleistung und bei Bremsschaltung das Bremsmoment.

Tabelle für die Gleichstromschaltungen der Steuerapparate.

Schaltung	Bauart	Verwendung
Fahrbetriebe		
Fahrschaltung	Kleinkontroller Gr. 00—LI	nur für normalen Schaltbetrieb
	Kontroller Gr. I—V	für alle Schaltbetriebe
	Steuerschalter	für schweren Schaltbetrieb
	Schützensteuerung	für schweren Schaltbetrieb
Fahrbremsschaltung	Kleinkontroller Gr. 0 u. LI	nur für normalen Schaltbetrieb
	Kontroller Gr. I—V	für normalen und schweren Schaltbetrieb
	Steuerschalter	für schweren Schaltbetrieb
	Schützensteuerung	bei großen Leistungen für schweren Schaltbetrieb
Hubbetriebe		
Senkbremsschaltung	Kontroller Gr. II—V	für normalen Schaltbetrieb
Senkkraftschaltung	Kleinkontroller Gr. LI	nur für normalen Schaltbetrieb
	Kontroller Gr. II—V	für Anlaufregulier- u. schweren Schaltbetrieb
	Steuerschalter	für schweren Schaltbetrieb
	Schützensteuerung	bei großen Leistungen für schweren Schaltbetrieb
Senkbremskraftschaltung	Schützensteuerung	bei großen Leistungen für schweren Schaltbetrieb

Tabelle für die Drehstromschaltungen der Steuerapparate.

Schaltung	Bauart	Verwendung
	Fahrbetriebe	
Fahrschaltung	Kleinkontroller Gr. 00 – LI	nur für normalen Schaltbetrieb
	Kontroller Gr. I—V	für alle Schaltbetriebe
	Kontroller mit Ständerschützen Gr. III—V	bei größeren Leistungen für alle Schaltbetriebe
	Steuerschalter	für schweren Schaltbetrieb
	Schützensteuerung	bei großen Leistungen für schweren Schaltbetrieb
	Hubbetriebe	
Uebersynchrone Senkschaltung	Kontroller Gr. I – V	für alle Schaltbetriebe
	Kontroller mit Ständerschützen Gr. III—V	bei größeren Leistungen für alle Schaltbetriebe
	Steuerschalter	für schweren Schaltbetrieb
	Schützensteuerung	bei großen Leistungen für schweren Schaltbetrieb
Gegenstrom-Senkbremsschaltung	Kontroller Gr. IIIa	bei kleineren Leistungen für Montagekrane
	Kontroller mit Ständerschützen Gr. IIIa—V	bei größeren Leistungen für Montage- und Greiferkrane
	Schützensteuerung	bei großen Leistungen für Montage- und Greiferkrane

Zu diesen Tabellen ist zu bemerken:

Fahrbetriebe erfordern für beide Drehrichtungen des Motors die gleiche Schaltung. Das Abbremsen des Nachlaufs geschieht bei der Fahrschaltung durch eine mechanische Bremse, gegebenenfalls unter Zuhilfenahme eines Bremslüftmagneten. Bei Gleichstrom wird ferner, besonders für schweren Schaltbetrieb, Fahrbremsschaltung — elektrische Kurzschlußbremsung — benutzt, deren Wirkung jedoch bei großen lebendigen Kräften noch durch eine mechanische Bremse verstärkt werden muß. Bei Anlaufregulier-Schaltbetrieb kann die Fahrbremsschaltung nicht verwendet werden, denn zum genauen Halten ist mechanische Bremsung erforderlich.

Bei Drehstrom kann bei der Fahrschaltung ohne Nachteil mit Gegenstrom gebremst werden. Diese Bremsung läßt sich sowohl bei normalem als auch bei schwerem Schaltbetrieb anwenden; bei Anlaufregulier-Schaltbetrieb muß aber eine mechanische Bremse benutzt werden.

Hubbetriebe: Bei Gleichstrom werden fast ausnahmslos Steuerapparate mit Bremsschaltung benutzt (siehe Arten und Verwendungszweck in der Tabelle S. 224). Bei Drehstrom wird zumeist die Fahrschaltung in der Form der übersynchronen Senkschaltung angewendet. Größere Anforderungen an die Regulierung bei schweren Lasten bedingen Gegenstrom-Senkbremsschaltung. Bei dieser wird der Motor auf den Stellungen

„Senken Bremse“ im Hubsinne angeschlossen, jedoch mit soviel Widerstand im Ankerstromkreis, daß der Motor von der Last durchgezogen wird. Hinter den Stellungen „Senken Bremse“ folgen die Stellungen „Senken Kraft“ für leichtere Lasten oder übersynchrones Senken durchziehender Lasten.

Widerstände werden für kleine Stromstärken aus Drahtfeldern, für größere aus Gußeisenspiralen zusammengesetzt. Man unterscheidet Widerstandselemente für normalen, Regulier- und schweren Betrieb. Die Widerstände werden fast immer getrennt von den Steuerapparaten aufgestellt und mit diesen durch isolierte Leitungen verbunden.

c) Sicherheitsvorrichtungen.

Kann die lebendige Kraft des Triebwerkes ein Ueberfahren der betriebsmäßigen Endlagen herbeiführen und dadurch das Hebezeug, seine Umgebung oder das Bedienungspersonal in Gefahr bringen, so werden Endschalter angewendet, die nahe der Endstellung rechtzeitig die Stromzufuhr zum Motor unterbrechen und die Bremse zur Wirkung bringen. Die Endschalter werden in folgenden Formen hergestellt:



Abb. 5.
Hebelendschalter.

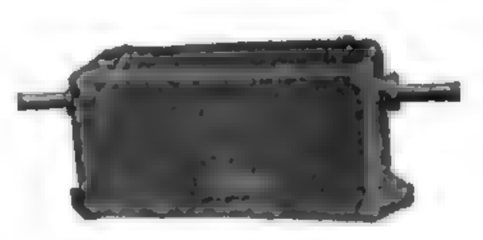


Abb. 6.
Spindelendschalter.

a) Als Hebelendschalter mit Rückschnellfeder (Abb. 5) für Linealbetätigung;
b) als Spindelendschalter (Abb. 6) für langsam laufende Triebwerkswellen;
c) als Sternradendschalter (Abb. 7) zur Betätigung durch Anschlagbolzen (für Katz- und Kranfahrwerke).



Abb. 7.
Sternrad Endschalter.

Außer der einfachen Endschaltung können auch die Umgehungs-, sowie die Sicherheitsendschaltung mit Geschwindigkeitsverminderung zur Anwendung kommen, bei denen die Fahrgeschwindigkeit am Ende der Fahrbahn zwangsweise vermindert wird, um den Verlustweg klein zu halten.

Höchststromauslöser und Schütze mit Nullschaltungszwang sichern den Motor gegen Ueberlastung, und das ganze Getriebe gegen die Gefahren, die durch zeitweises Aussetzen der Stromzuführung eintreten können.

d) Bremslüfter.

Zum Lüften der mechanischen Haltebremse werden Bremslüftmagnete und bei Drehstrom für größere Hubkräfte auch Motorbremslüfter benutzt. Bei den Bremslüftmagneten (Gleichstrom-Type, Abb. 8) wird die Lüftbewegung von einem Kolben ausgeführt. Bei den Motorbremslüftern (Abb. 9) erfolgt das Anheben des Bremsgewichtes durch eine Kurbel, die von einem Motor gedreht wird.

Abb. 8.
Bremslüftmagnet.

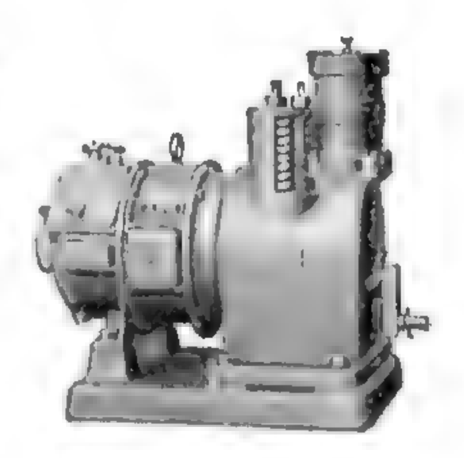


Abb. 9.
Motor-Bremslüfter.

e) Schleifleitungen und Stromabnehmer.

Die Schleifleitungen für Krane und Katzen, die den Steuerapparaten und Motoren den Strom zuführen, werden entweder zwischen zwei Endpunkten lose gespannt, und in gewissen Abständen unterstützt (Abb. 10) oder sie werden an Isolatoren fest verlegt. (Abb. 11).

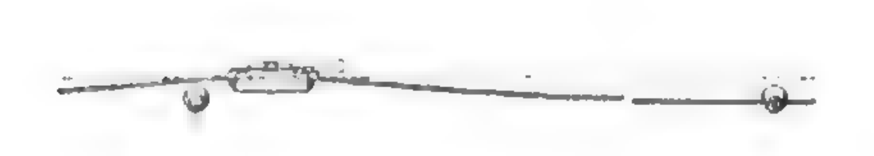


Abb. 10.
Lose gespannter Fahrdraht.

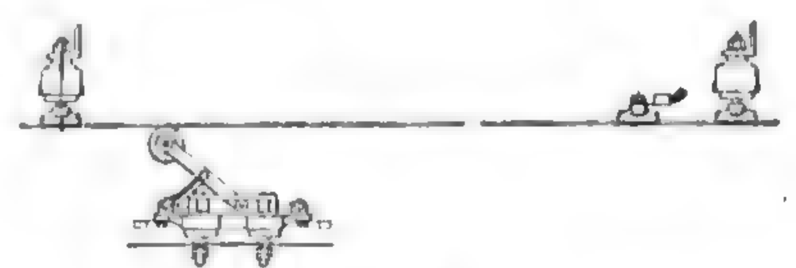


Abb. 11.
An Isolatoren fest verlegter Fahrdraht.

Lose verlegte Leitungen werden hauptsächlich für Katz- und kürzere Hauptschleifleitungen verwendet, falls die Geschwindigkeit nicht größer als etwa 90 m pro Minute ist und man mit einem Kupferdraht von höchstens 80 qmm auskommt. Sie kann nur an den Enden gespeist werden. Fest verlegte Leitungen sind für schweren Betrieb und größere Geschwindigkeiten bestimmt.



Abb. 12.
Führerstand eines Hebezeugs mit gußeisernem Schaltkasten.

Bei Drehkranen wird der Strom durch eine Schleifringkontaktvorrichtung zugeführt.

Bei fahrbaren Drehkranen, Vollportalkranen und Verladebrücken bietet eine oberirdische Stromzuführung Schwierigkeiten, dort wird die Fahrleitung in einem unterirdischen Schlitzkanal untergebracht.

f) Die Schaltanlage und Installation.

Die offene Schalttafel wird immer mehr durch den eisernen Schaltkasten (Abb. 12) verdrängt, der den Schalthebel, sowie die Sicherungen oder Relais schützend vor Berührung, Feuchtigkeit und Schmutz umschließt.

Als isolierte Verbindungsleitungen auf dem Kran werden Panzeraderleitungen oder die durch besonders kräftige Armierung ausgezeichneten Bandpanzerleitungen benutzt.

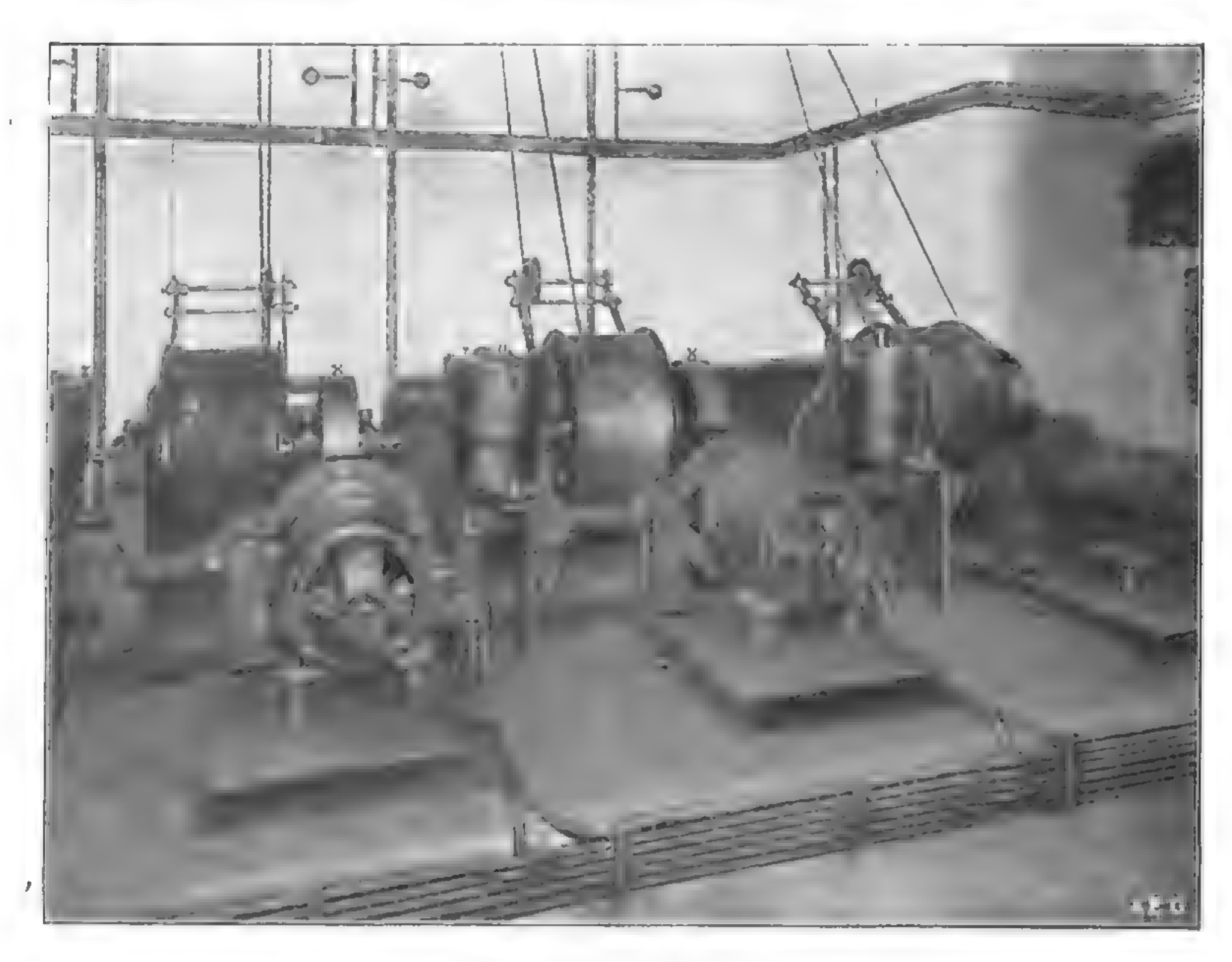
Aufzüge.

Allgemeines. Auch die Einrichtungen für den elektrischen Antrieb von Aufzügen sind den Arbeitsbedingungen des aussetzenden Betriebes unterworfen. Sie umfassen:

a) Motoren;
b) Steuerapparate und Widerstände;
c) Sicherheitsvorrichtungen.

Für die Bemessung der elektrischen Antriebe von Aufzügen ist zu beachten:

1. Die Größe der Nutzlast. Sie ist in der Regel zur Hälfte durch Gegengewichte ausgeglichen.
2. Die Fahrgeschwindigkeit. Sie beträgt normalerweise bei Lastenaufzügen 0,2 bis 0,5 m/sek. und bei Personenaufzügen nicht über 0,7 m/sek. Bei Anwendung höherer Geschwindigkeiten sind spezielle Ausführungen erforderlich (Geschwindigkeitsverminderung vor dem Anhalten bzw. mehrere Geschwindigkeitsstufen).
3. Die Betriebsart. Der Betrieb gilt als normal, wenn nicht mehr als 20 Fahrten in der Stunde ausgeführt werden und Fahrzeiten und Pausen sich gleichmäßig verteilen (in Wohnhäuser und dergl.). Als angestrengte Betriebe gelten solche, bei denen entweder mehr als 20 Fahrten in der Stunde ausgeführt werden oder bei denen sich die Inanspruchnahme auf wenige Stunden zusammendrängt (Warenhäuser, Hotels und dergl.).



Elektrische Aufzugwinden.

Motoren. Leistung und Umdrehungszahl des Motors wird durch die Konstruktion des Aufzuges, durch die Größe der zu bewältigenden Last und durch die Art der Benutzung bestimmt. Die Leistung des Motors berechnet sich, wenn die halbe Nutzlast durch Gegengewichte ausgeglichen ist, nach folgender Formel:

$$N = \frac{1/2\ Q \cdot v}{75 \cdot \eta}$$

Hierin bedeuten: N = Motorleistung in PS
Q = Nutzlast in kg,
v = Geschwindigkeit in m pro Sekunde,
η = Gesamtwirkungsgrad des mechanischen Teiles.

Voraussetzung hierbei ist, daß das Gewicht der Kabine voll ausgeglichen ist.

Für normale Betriebe werden Motoren für 30-Minutenbetrieb verwendet, für angestrengte Betriebe solche für 60-Minutenbetrieb.

Steuerapparate. Man unterscheidet drei Arten von Steuerungen:

1. Handrad- und Seilsteuerung,
2. Druckknopf-Steuerung,
3. Hebelsteuerung.

1. Bei der **Handrad- und Seilsteuerung** erfolgt die Betätigung des Umkehranlaßapparates durch mechanischen Seilzug.

Die Seilsteuerung ist in ihren Bestandteilen die einfachste, erfordert jedoch zur Bedienung einen geschulten Führer. Durch Zug an einem Steuerseil wird der Fahrstuhl nach oben oder unten in Bewegung gesetzt. Durch Zurückziehen in die Nullage kann der Fahrstuhl an jeder beliebigen Stelle der Fahrbahn stillgesetzt werden. Durch entsprechende Seilführung kann der Aufzug vom Fahrstuhl, von der Außenseite des Schachtes oder von beiden Stellen aus gesteuert werden.

Ein Verriegelungssystem, das unter „Sicherheitsvorrichtungen“ besonders behandelt ist, sorgt dafür, daß der Aufzug nicht eher in Bewegung gesetzt werden kann, bis sämtliche Schachttüren geschlossen sind. Außerdem bewirkt es das Ausschalten des Aufzugsmotors, sobald die Netzleitung stromlos wird (Minimalschaltung).

2. Bei der **Druckknopfsteuerung** erfolgt die Betätigung des Umkehranlaßapparates durch elektrische Fernsteuerung. Durch Drücken auf einen Knopf kann man den Fahrstuhl von irgend einer Stelle nach irgend einer anderen Stelle heranholen oder nach irgend einer Stelle entsenden. Besondere Fertigkeiten und Kenntnisse setzt diese Steuerung nicht voraus. Die Druckknopfsteuerung wird daher stets angewendet, wenn der Aufzug nicht nur von einem Führer, sondern auch von anderen Personen bedient werden soll, z. B. in Privathäusern und ähnlichen Betrieben. Bei Personenaufzügen erhält der Druckknopfapparat einen „Halt“-Knopf. Der Aufzug wird beim Niederdrücken desselben sofort stillgesetzt. Die Einzeldruckknöpfe an den Schachtzugängen dienen bei Personenaufzügen dazu, den leeren Fahrkorb nach der Haltestelle, von der aus die Fahrt angetreten werden soll, herbeizuholen.

Um Unfälle vollkommen auszuschließen, erhalten die Personenaufzüge das Verriegelungssystem, wie unter 1 erwähnt.

3. Bei der **Hebelsteuerung** erfolgt die Betätigung des Umkehranlaßapparates wie bei der Druckknopfsteuerung rein elektrisch; nur

wird der Fahrweg nicht selbsttätig eingestellt, sondern er muß von Hand begrenzt werden.

Die Hebelsteuerung wird verwendet, wenn stets ein Führer für Bedienung des Aufzuges zur Verfügung steht, wie in Warenhäusern, Hotels usw. Mit ihr ist es möglich, bei jeder Haltestelle und jeder Last präzise anzuhalten, während bei der Druckknopfsteuerung, bei stark wechselnder Belastung infolge von Seildehnung kleine Differenzen (2 bis 4 cm) beim Anhalten nicht zu vermeiden sind. Verriegelungssystem wie unter 1.

Sämtliche Aufzugssteuerungen können zu statistischen Zwecken mit einem Seilwegzähler ausgerüstet werden, der die vom Aufzug zurückgelegte Wegstrecke durch ein Ziffernzählwerk jederzeit sichtbar macht.

Die Druckknopf- und Hebelsteuerungen können mit „In Fahrt"-Anzeiger oder mit Anzeigetableau versehen werden.

Sicherheitsvorrichtungen. Für die Wahl der Sicherheitsvorrichtungen sind die am Aufstellungsort des Aufzuges geltenden Vorschriften maßgebend.

Das AEG Verriegelungssystem (D. R. P.) für Aufzugsschachttüren erfüllt alle im § 14 der Polizeiverordnung vom 14. März 1913 betreffend „Einrichtung und den Betrieb von Aufzügen" aufgestellten Forderungen.

Die Fahrschachttüren müssen durch die Steuerung zwangsweise unter Verschluß gehalten werden. Nur diejenige Tür darf sich öffnen lassen, vor der der Fahrkorb zum Stillstand gekommen ist. Alle anderen Türen müssen durch zwei Riegel fest verschlossen sein. Die Einleitung der Fahrt muß so lange verhindert sein, als nicht alle Schachttüren geschlossen sind. Die Verriegelung muß auch durch Anwendung unlauterer Hilfsmittel nicht außer Wirkung gesetzt werden können. Zur Erfüllung dieser Bedingungen sind vorzusehen:

1 Verriegelungsmagnet,
1 Zentral-Türkontakt
1 Riegelschloß für jede Schachttür.

Die Riegelschlösser werden durch ein gemeinsames, am zweckmäßigsten aus Gasrohr hergestelltes Gestänge mit dem Verriegelungsmagneten in Verbindung gebracht. Ueber jeder Tür ist außerdem eine schwingende Leiste für die Gestängeverriegelung und am Fahrkorb eine Doppelkurve für die Entriegelung anzubringen. Das Gewicht des Gestänges ist durch ein Gegengewicht auszugleichen. Gestänge, schwingende Leisten, Gegengewicht und Entriegelungskurve sind bei Ausgestaltung des mechanischen Teils den örtlichen Verhältnissen anzupassen. — Bei Seilsteuerung kann Verriegelungsgestänge direkt durch das Steuerseil mitbewegt werden, ein Verriegelungsmagnet ist in diesem Falle nicht erforderlich. Im übrigen kann bei geöffneter Tür die Sperrung der Bewegung in der bekannten Weise durch schwingende Leisten, sowie die Schaltung des Zentraltürkontaktes in der gleichen Weise wie bei Druckknopf- und Hebelsteuerungen erreicht werden.

Elektrische Lokomotiven.

Allgemeines: Elektrische Lokomotiven werden mit Rücksicht auf billige Herstellung, kurze Lieferzeit und vereinfachte Ersatzteilbeschaffung als Regelbauarten hergestellt. Diese sind den verschiedenen Zwecken in Industrie und Landwirtschaft angepaßt. Es werden hergestellt:

1. regelspurige Lokomotiven (1435 mm Spurweite) für Oberleitung, Akkumulatoren- und gemischten Betrieb;
2. schmalspurige Lokomotiven (450 bis 1200 mm Spur) für Oberleitung, Akkumulatoren- und gemischten Betrieb;
   Als Sonderfälle zu 2. Abraumlokomotiven (900 mm Spur), Grubenlokomotiven unter Tage (450 bis 700 mm Spur).

Ueber die Leistung und Größe der einzelnen Lokomotiven geben die am Schluß aufgeführten Zusammenstellungen Auskunft. Die Geschwindigkeit der Lokomotiven liegt zwischen 10 und 20 km pro Stunde.

Stromart: Für Industriebahnen ausschließlich Gleichstrom.

Spannung: 250 Volt für Bahnen unter Tage im Kohlenbergbau bei 1,8 m Mindestfahrdrahthöhe und für Fabrikbahnen kleineren Umfangs und kleiner Leistung;

550 Volt für Bahnen unter Tage im Kali- und Erzbergbau bei 2,3 m Mindestfahrdrahthöhe, für Feldbahnen und Fabrikbahnen mittleren Umfangs;

1100 Volt für Abraumbahnen im Braunkohlenbergbau und größere Industriebahnen.

Motorleistung: Bahnmotoren für Stundenleistung abgestempelt. Durch Berechnung wird die während der Betriebsdauer zu leistende Arbeit

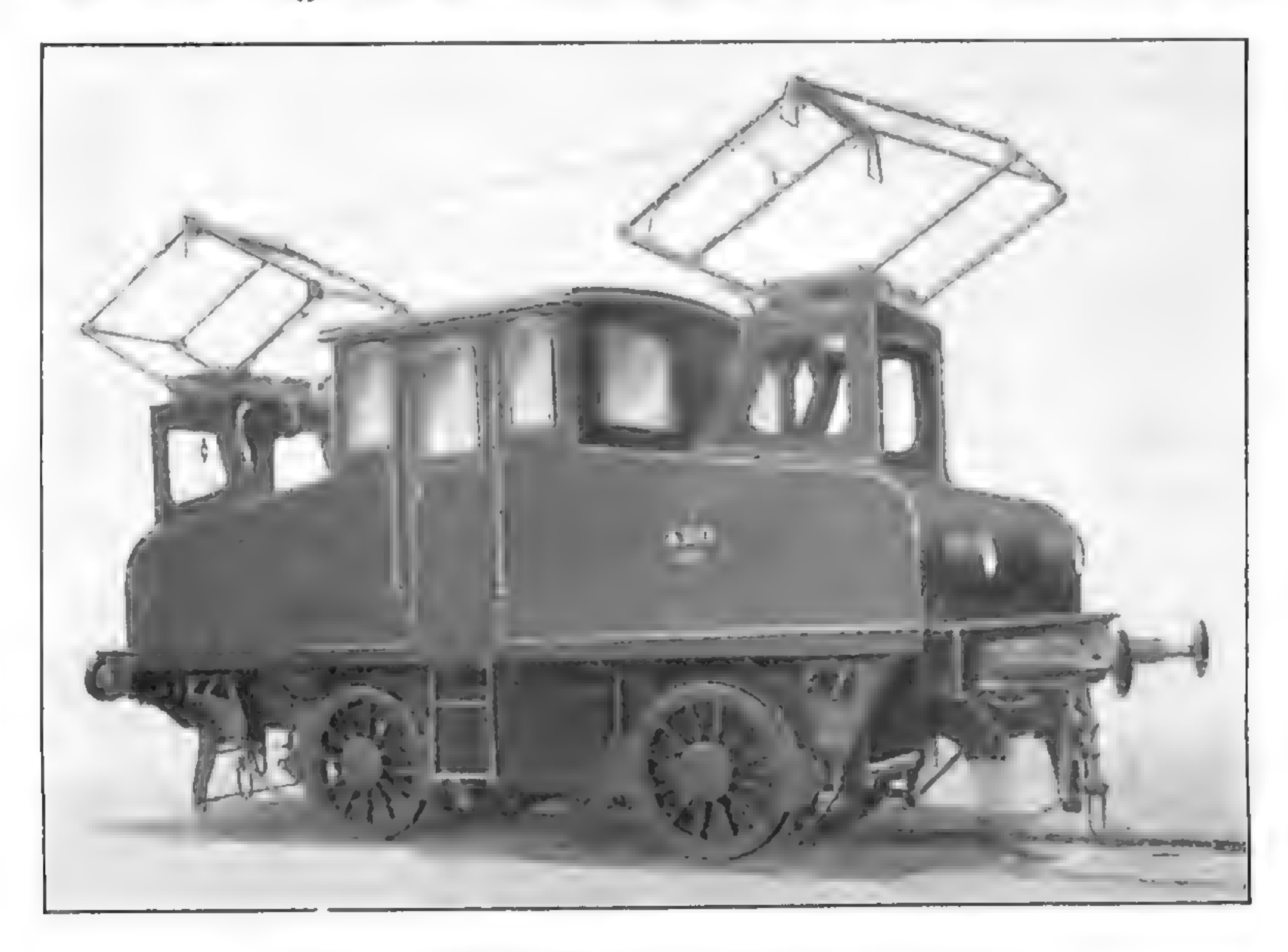


Abb. 1. Regelspurige Lokomotive für Oberleitung.

ermittelt und untersucht, ob die durch sie hervorgerufene Erwärmung unter Berücksichtigung der in den Pausen eintretenden Abkühlung insgesamt den Motor nicht mehr beansprucht als ein einstündiger Lauf mit der Stundenleistung. Die Motorbeanspruchung ist abhängig von Arbeitsweg, Arbeitszeit, Anhängelast und Steigung. Daher ist Beschaffung genauer Unterlagen Vorbedingung für zweckentsprechendes Angebot.

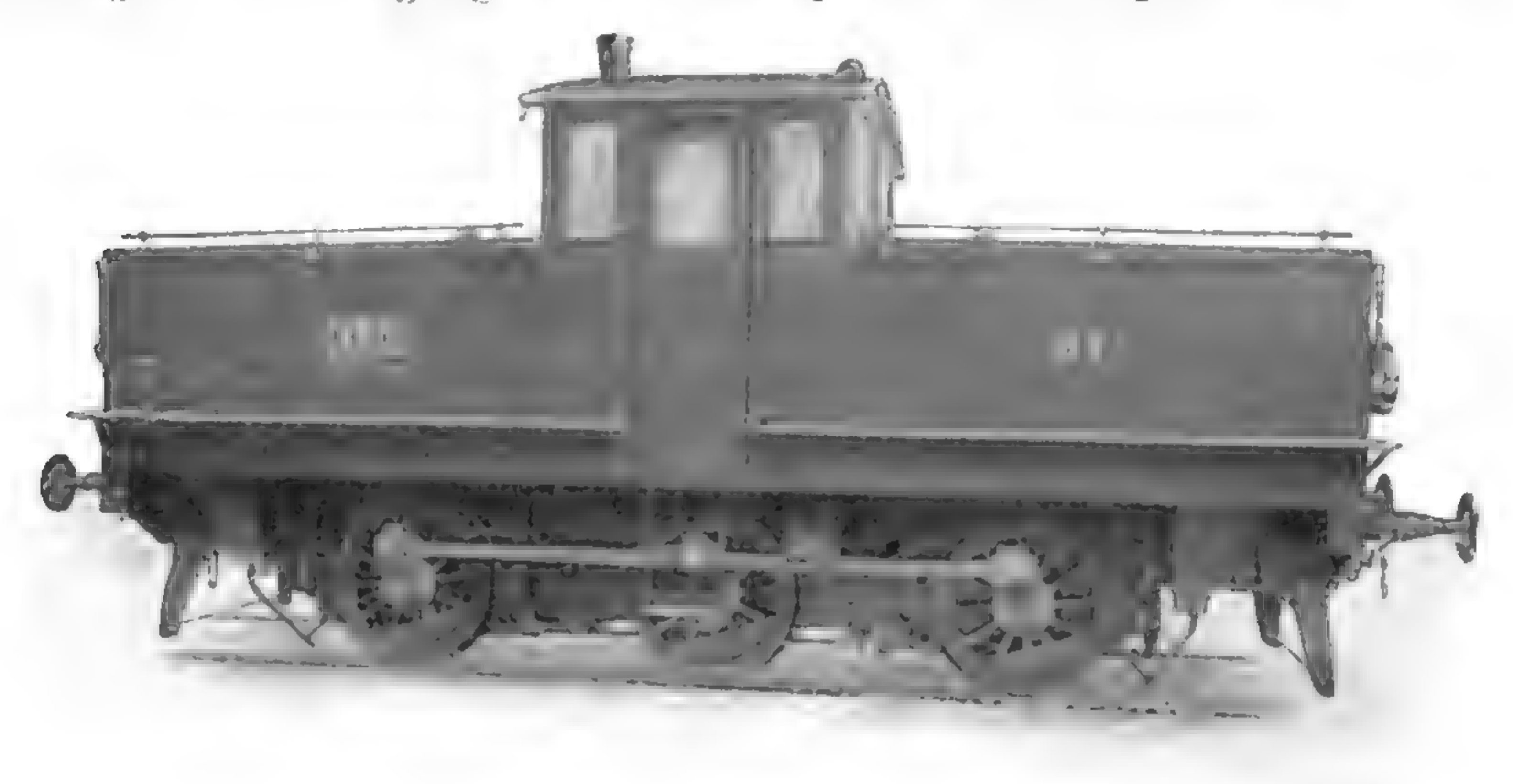


Abb. 2. Regelspurige Akkumulatorenlokomotive.

Motoren: Langsam laufende Hauptstrommotoren, gekapselt, im Rahmen federnd aufgehängt, auf Laufachse aufliegend. Anker treibt mit Ritzel auf großes Zahnrad, das auf der Laufachse sitzt. Gleitlager mit Kugelöler, Kugel- oder Rollenlager.

Fahrschalter: Für Reihen-Nebeneinanderschaltung, d. h. Anlauf der Motoren in Reihe, Fahrt in Nebeneinanderschaltung. Dazu Anfahrtwiderstände.

Stromabnehmer: Für geringe Leistungen: Bügel. Für größere Leistungen: Parallelogramm - Walzenstromabnehmer.

Mechanischer Aufbau:

Aeußere Form dem Zweck angepaßt, Rahmen aus Formeisen, bei schweren Lokomotiven aus Blechplatten, Führerstand in der Regel in der Mitte, Räder mit Stahlreifen, kräftige, weiche Federung, schnell u. zuverlässig wirkende Bremse. Sandstreuer für jede Fahrtrichtung (Abb. 1).

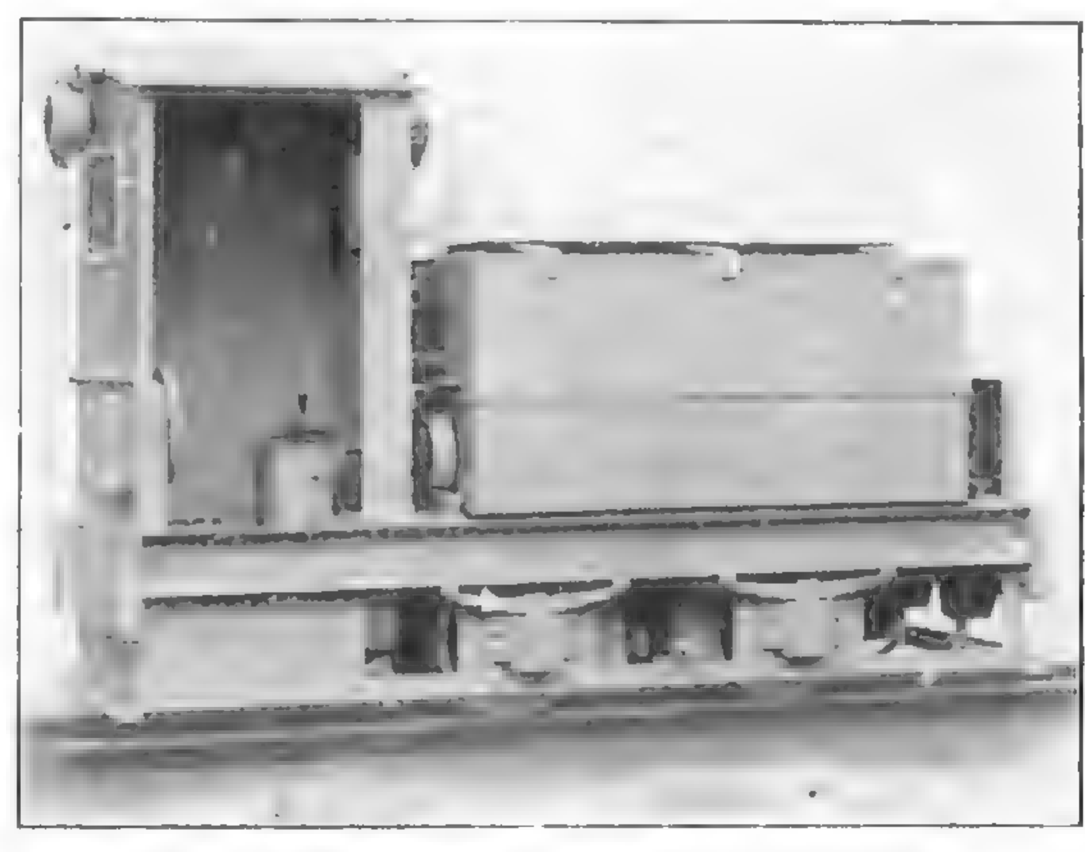


Abb. 3. Schmalspur-Akkumulatorenlokomotive.

Große Akkumulatoren-Batterien in die Vorbauten fest eingebaut, Deckel abrollbar (Abb. 2). Kleine Batterien abhebbar zum Auswechseln der entladenen gegen aufgeladene (Abb. 3).

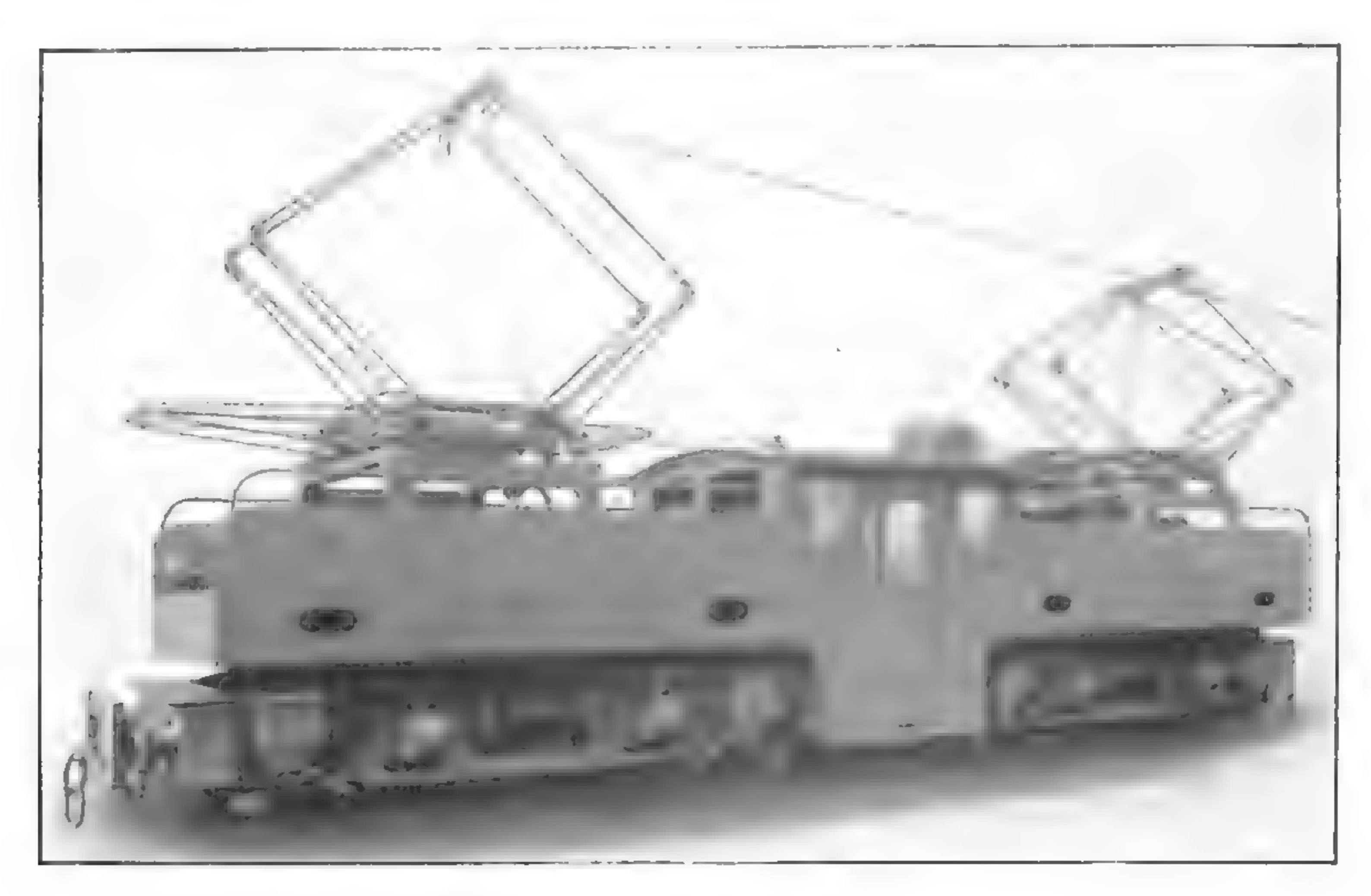


Abb. 4. Abraumlokomotive

Bei niedrigen Strecken Sonderbauart. Abraumlokomotive fährt unter Bagger durch, daher Führerstand in der Mitte versenkt, Kurvenbeweglichkeit durch Drehgestelle erzielt (Abb. 4). Grubenlokomotive läuft in niedrigen Strecken mit engen Kurven, deshalb kleiner Radstand, Führersitz außen an einem Ende, am anderen Ende Begleitersitz (Abb. 5). Aehnlich auch kleine Akkumulatorenlokomotive über Tage mit abrollbarer Batterie (Abb. 3).

Zubehör: Umformer als Motorgenerator, Einankermaschine, Gleichrichter. Oberleitung einpolig, Schienenrückleitung.

Regelspurige Lokomotiven für Oberleitung.

Bauart	Achsenzahl	Laufraddurchmesser mm	Motorleistung PS	Zugkraft, normal kg	Dienstgewicht kg
RO 1	2	850	40/55	700/1000	12000
RO 2	2	900	55/100	1400/2400	22000
RO 3	2	900/1000	110/235	2000/4000	32/36000
RO 4	3	1000	235	4000	48000
RO 5	4	1000	450/700	8000/12000	64000

Durch Einbau einer passenden Batterie wird aus vorstehenden Lokomotiven die Bauart RA 1—5 für Akkumulatorenbetrieb. Diese kann durch Aufbau von Stromabnehmern und entsprechende Schaltung auch für gemischten Betrieb verwendet werden.

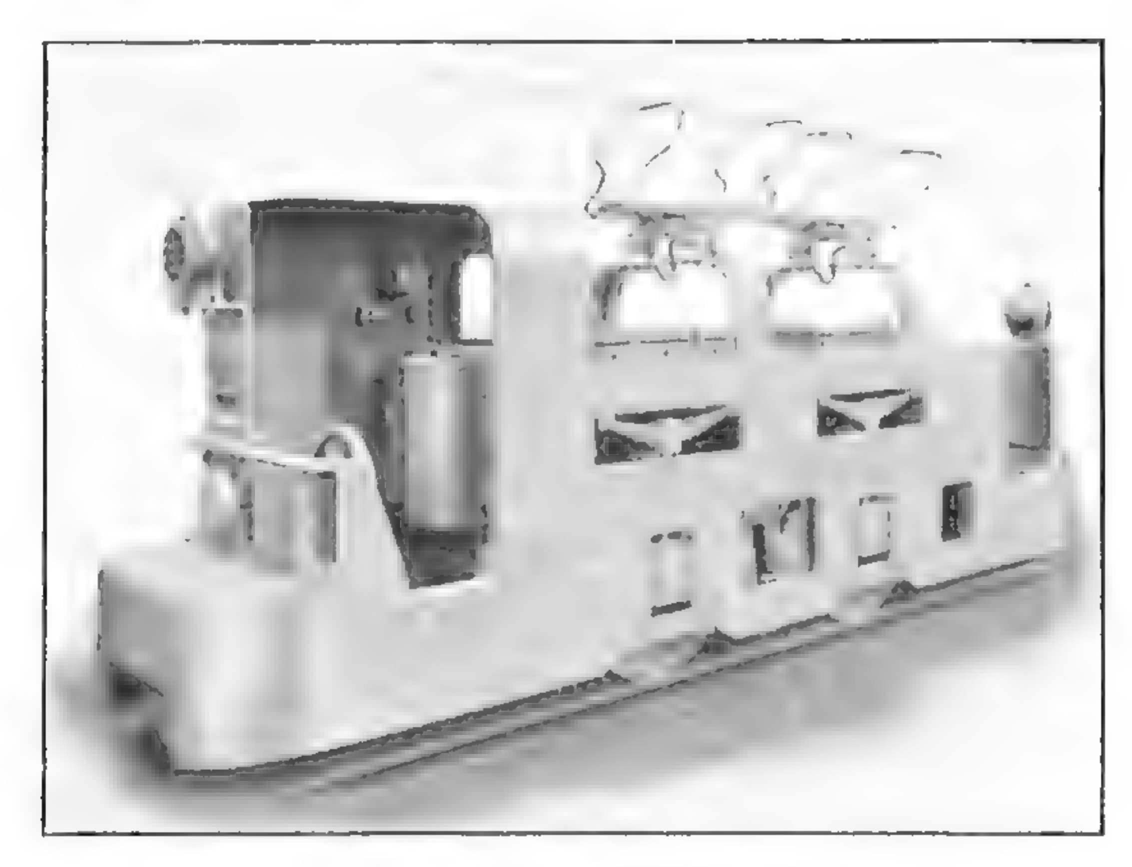


Abb. 5. Grubenlokomotive.

Schmalspurige Lokomotiven für Oberleitung.

Bauart	Achsenzahl	Laufraddurchmesser mm	Spurweite mindestens mm	Motorleistung PS	Zugkraft kg	Dienstgewicht kg
SO 1	2	730	450	30	620	5000
			500	20	400/500	5000
				40	830/950	5000
			680	50	840/1100	5000
SO 2	2	800	600	64	1400/1600	12000
SO 3	2	900	700	140	2600	15000
SO 4	4	600	500	40	800/940	12000
SO 5	4	730	500	80	1600/1900	16000

Einbau von Akkumulatoren wie bei den regelspurigen Lokomotiven.
SO 4 und 5 sind für Strecken mit leichtem Oberbau bestimmt, auf denen der Achsdruck gering gehalten werden muß.

Schmalspurige Lokomotiven für Sonderzwecke.

Bauart	Achsenzahl	Laufraddurchmesser mm	Spurweite mindestens mm	Motorleistung PS	Zugkraft kg	Dienstgewicht kg
Abraumlokomotiven						
AO 1	2	950	900	235	4000	22 000
AO 2	4	900	700	300	5000	36 000
AO 3	4	950	900	470	8000	46 000
Grubenlokomotiven						
GO 1	2	730	450	30	640	5000
		560	500	22	670	5000
GO 2	2	730	500	40	950	7000
GO 3	2	800	600	60	1600	10000
GO 4	2	900	700	140	2600	14000/17000

Walzwerke.

Antriebe für Walzwerke.

Bei Walzwerken sind zu unterscheiden:

a) in einer Richtung umlaufende Walzenstraßen (durchlaufende Straßen);

b) in beiden Richtungen umlaufende Walzenstraßen (Umkehrstraßen).

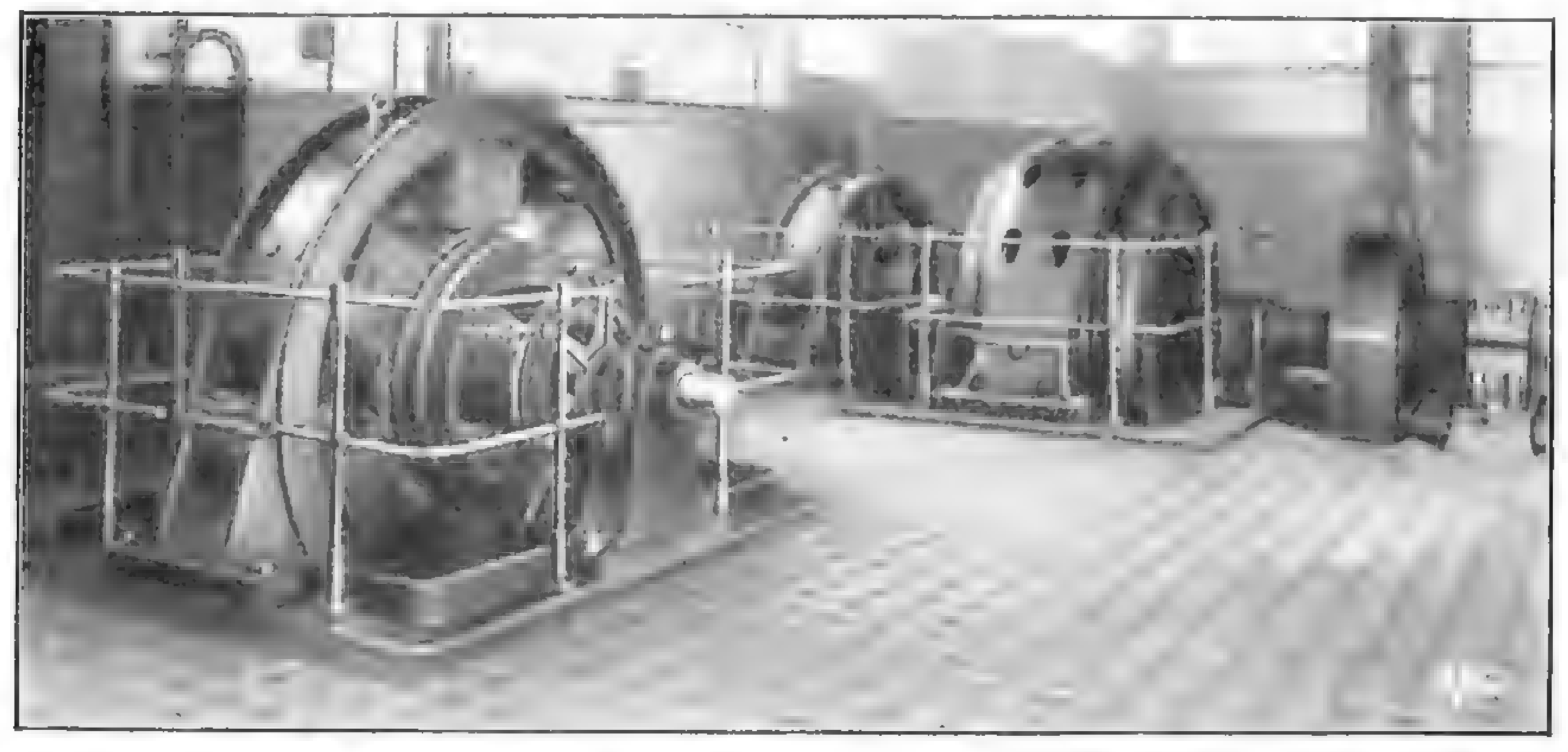


Abb 1. Drehstrom-Regulierantrieb einer Walzenstraße für 1200/2400 PS bei 360/460 Umdr. i. d. Min., 2000 Volt, 48 Per.

Der Antrieb durchlaufender Straßen erfolgt durch Gleichstrom- oder Drehstrom-Motoren, der Antrieb von Umkehrstraßen ausschließlich durch Gleichstrom-Motoren in Verbindung mit Leonard- bzw. Ilgner-Umformern.

Die beste Art der Verbindung des Motors mit der Walzenstraße ist die direkte Kupplung. Bei Umkehrstraßen wird sie sogar fast ausschließlich angewendet.

Dagegen ist sie bei durchlaufenden Straßen, besonders bei Antrieb durch Drehstrom-Motoren, nicht immer möglich. Die Grenze liegt bei großen Motoren (über 1000 PS) etwa bei 75 Umdrehungen in der Min. Sind bei Drehstrom-Motoren noch geringere Drehzahlen erforderlich (Blechstraßen, Vorwalzen usw.), so muß Riemen- oder Seilantrieb gewählt werden. Neuerdings wendet man auch Zahnrad-Uebertragung an. Langsam laufende Drehstrom-Motoren haben einen geringen Leistungsfaktor ($\cos \varphi$). Durch Anwendung sogenannter Drehstrom-Erregermaschinen kann der Leistungsfaktor verbessert werden. Er läßt sich bei allen Belastungen von Leerlauf bis Vollast auf annähernd 1 bringen. Die Drehstrom-Erregermaschine liefert den gesamten Magnetisierungsstrom über den Rotor in den Walzmotor, so daß das Netz dem Stator nur Wattstrom zuführt. (Näheres siehe Druckschrift G 5 Nr. 1006.)

Leistung der Walzwerksmotoren.

Die zum Antrieb von Walzenstraßen erforderliche Motorleistung läßt sich nicht durch theoretische Ueberlegungen bestimmen. Sie wird

vielmehr an Hand umfangreicher in der Praxis gewonnener Meßresultate aus zahlreichen bereits ausgeführten Anlagen ermittelt und nachgeprüft, wenn die in besonderen Fragebogen niederzulegenden Angaben über Walzendurchmesser, Gerüstzahl, Umdrehungszahl, Produktion usw. restlos gemacht werden. — Für die Bemessung der Antriebsmotoren für Umkehrstraßen ist Aufstellung eines möglichst vollständigen Walzprogramms unerläßlich.

Anlassen und Regulieren von Walzwerksmotoren.

Das Ingangsetzen von Walzwerken erfordert vom Motor meist große Drehmomente, besonders bei Straßen, die mit schweren Schwungmassen ausgerüstet sind. Daher werden sowohl für Gleichstrom als auch für Drehstrom Spezial-Anlassertypen für Walzwerksmotoren als Flüssigkeitsanlasser gebaut. Diese Anlasser werden stets für Anlauf mit vollem bis 1,5fachem Normal-Drehmoment vorgesehen.

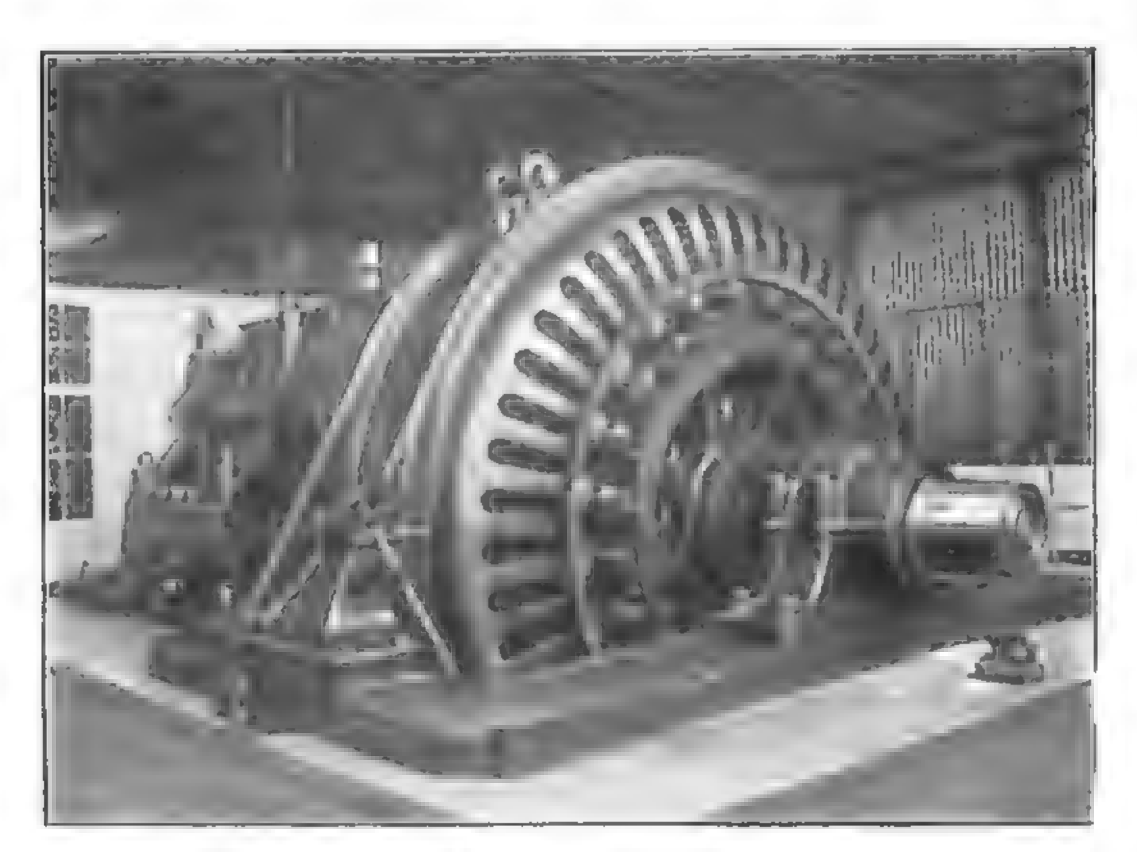


Abb. 2. Gleichstrom-Umkehrmotor für 160 mt entsprechend 10300 PS bei 46 Umdr. zum Antrieb einer Blockstraße.

Die Umlaufzahl durchlaufender Straßen wird bei Antrieb durch Gleichstrom-Motoren durch Feldschwächung, d. h. praktisch verlustlos, reguliert; bei Antrieb durch Drehstrom-Motoren mittels besonderer Maschinen, sogenannter Regelsätze, nach D. R. P. Nr. 169453, 177270 und 179525, und zwar:

1. durch Drehstrom-Gleichstrom-Kaskade mit Einanker-Umformer und direkt gekuppeltem Hintermotor (Leistung im Regelbereich konstant);
2. durch Drehstrom-Kaskade mit direkt gekuppeltem Kollektor-Hintermotor (Leistung im Regelbereich konstant);
3. durch Drehstrom-Gleichstrom-Kaskade mit Einanker-Umformer und Hinterumformer (Drehmoment im Regelbereich konstant);
4. durch Drehstrom-Kaskade mit Hinterumformer mit Drehstrom-Kollektormotor (Drehmoment im Regelbereich konstant).

Bei jeder der vier genannten Regulierarten kann der Drehstrom dem Netz mit dem Leistungsfaktor 1 entnommen werden. Die höchste im Leerlauf erreichbare Umdrehungszahl der verschiedenen Regelsätze liegt etwa 3 bis 4 % unter der synchronen Umdrehungszahl. Die höchste bei Vollast erreichbare Umdrehungszahl richtet sich nach dem gewünschten Abfall der Drehzahl von Leerlauf bis Vollast.

Die Anwendung der vier genannten Reguliermethoden empfiehlt sich im allgemeinen nur bis zu einer Regulierung um etwa 50 % nach

unten. Werden größere Regulierbereiche verlangt, ist meist Aufstellung eines Gleichstrom-Motors für Feldregulierung und Energie-Umformung von Drehstrom auf Gleichstrom durch Einanker-Umformer wirtschaftlicher.

Aenderung der Umlaufzahl. — Ueberlastung von Walzwerksmotoren.

Während bei normalen elektrischen Kraftantrieben in der Regel verlangt wird, daß der Motor während der Arbeitsleistung seine Drehzahl unverändert beibehält, wird vom Walzwerksmotor verlangt, daß sich seine Umlaufzahl bei Eintritt der Arbeitsleistung vermindert; denn nur bei Verminderung der Geschwindigkeit kann die in den Schwungmassen aufgespeicherte lebendige Kraft $\left(\text{Arbeitsvermögen} = \frac{m \cdot v^2}{2}\right)$ für den Walzprozeß freigemacht werden.



Abb. 3. Ilgner-Umformer zum Umkehrmotor Abb. 2, bestehend aus 2500 PS-Drehstrommotor, 428 Umdr. und zwei Anlaßdynamos von je 1400/4200 kW 525 Volt.

Dieser Abfall der Umlaufzahl wird bei Gleichstrom-Motoren durch Zuschaltung einer Compoundwicklung zum magnetischen Felde des Motors erzielt.

Bei Drehstrom-Motoren werden selbsttätige Schlupfregler angewendet, die in Abhängigkeit von dem vom Walzmotor aufgenommenen Strom den Schlupf derart einstellen, daß der Motor dem Netz den Strom in möglichst unveränderter Stärke entnimmt.

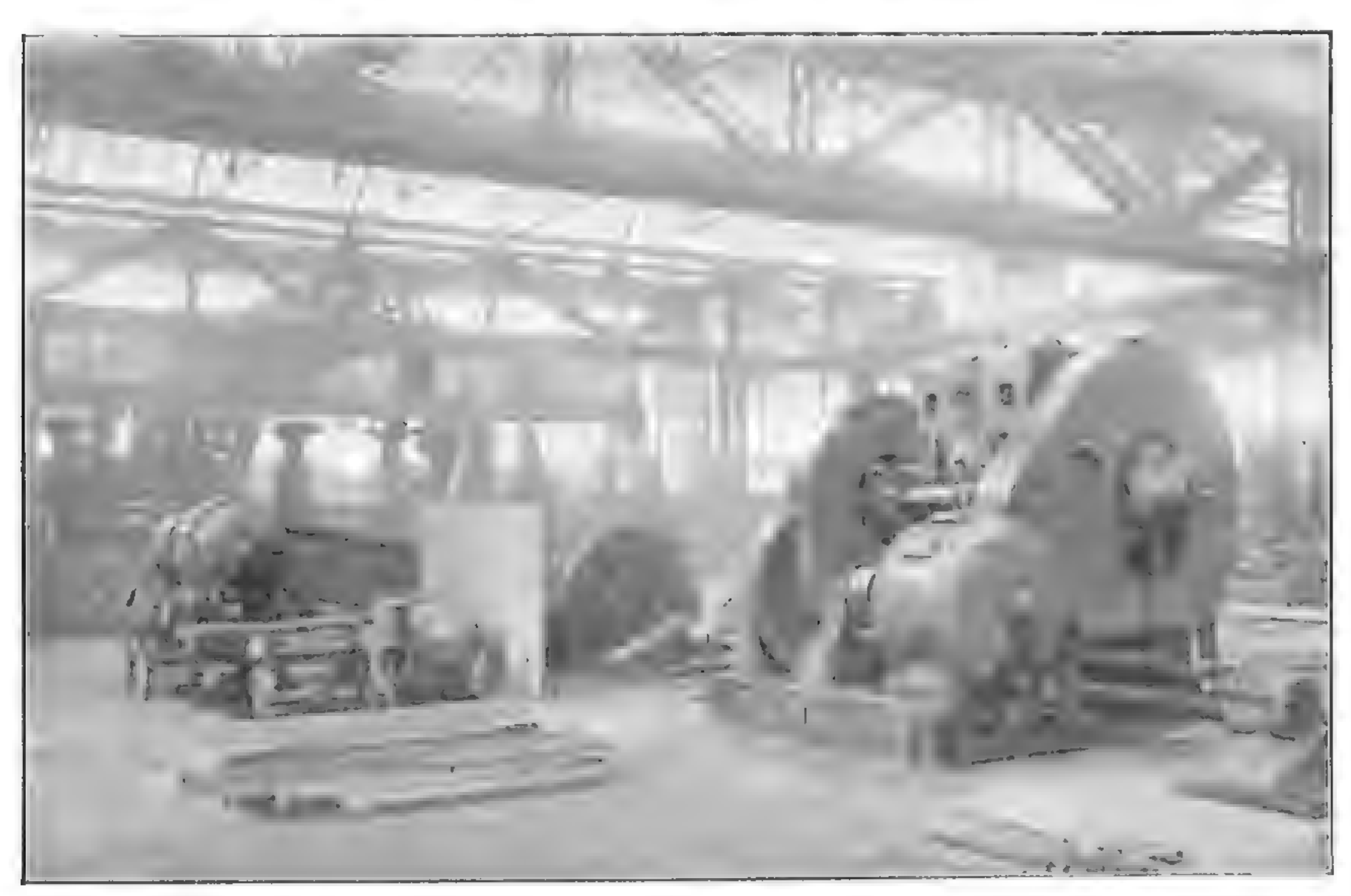
Die Ueberlastungsfähigkeit der Motoren für durchlaufende Straßen beträgt im allgemeinen bei der Dauer von einer Minute und bei halbstündiger Wiederkehr 100 %, in Sonderfällen mehr. — Bei Motoren für Umkehrstraßen ist gewöhnlich eine Ueberlastungsfähigkeit bis zur dreifachen Normalleistung vorgesehen, fallweise auch mehr.

Neben dem Hauptantrieb der Walzenstraße sind eine Reihe von Hilfsantrieben erforderlich:

Hebetisch- und Rollgangsantriebe. Vorwiegend Beschleunigungs- und Verzögerungsarbeit. Um große Manövrierfähigkeit zu erreichen: geringe Motordrehzahl und kleines Ankerschwungmoment, geringer Durchmesser und Gewicht von Kupplung und Triebwerk. Dabei große Ueberlastungsfähigkeit der Motoren, Bremsung möglichst mit Ankerkurzschluß. Die Steuerung leicht bedienbar und auch bei rücksichtslosester Handhabung Gefährdung unmöglich. (Stromwächter-Schützensteuerungen, Lichtbogensperrung.)

Anstellvorrichtungen mit ähnlichen Arbeitsbedingungen. Bei Blechwalzenstraßen besonders feine Regulierung. Für Bandagen-, Rohrwalzwerke und dergleichen selbsttätige elektrische Anstellung.

Block-Brammen-Blech-Scheren. Mit Schwungrad Compoundmotor bei Gleichstrom; Regulier-Anker mit Dauerschlupfwiderstand (15–20 Proz.) bei Drehstrom. Schwungrad und Leerlaufverluste entbehrlich bei Antrieb durch Gleichstromreguliermotor mit Arbeitsregler[1]).



1 Abb. 2. 2

1. Schlittensäge mit Gleichstromregulier-Vorschub, 1500 mm Blattdurchmesser.
2. Blockschere, 160 × 160 mm, mit Drehstrommo or.

Heißeisen-Schlittensägen. Abb. 2 Hauptantriebsmotor bei Drehstrom wegen Erschütterungen, mit vergrößertem Luftspalt. Selbsttätige Gleichstromregulier-Vorschübe.

Richt- und Biegemaschinen. Antrieb durch Gleichstromreguliermotoren, bei Drehstrom Regulier-Anker, Kontroller oder Stromwächterschützensteuerung. Anstellung durch eigenen Motor.

Motoren. Ganz geschlossen, schwere Walzwerksausführung[2]).

---

[1]) Zeitschr. d. V. d Ing. 1920, S. 500 bzw. A E G - Druckschrift G III 46.
[2]) Type W D H (Gleichstrom) und D K H (Drehstrom).

Fördermaschinen.

Auswahl des Antriebes.

Das Antriebssystem und die Motorgröße wird mit Rücksicht auf geringe Anlagekosten, höchste Wirtschaftlichkeit und vorteilhafteste Anpassung an den Grubenbetrieb auf Grund eingehender Untersuchung jedes besonderen Falles gewählt. Dazu sind alle Betriebsverhältnisse an Hand des Fragebogens FB 92 genau zu erläutern. Diese Angaben dienen auch zur Bestimmung des mechanischen Teils, der von renommierten

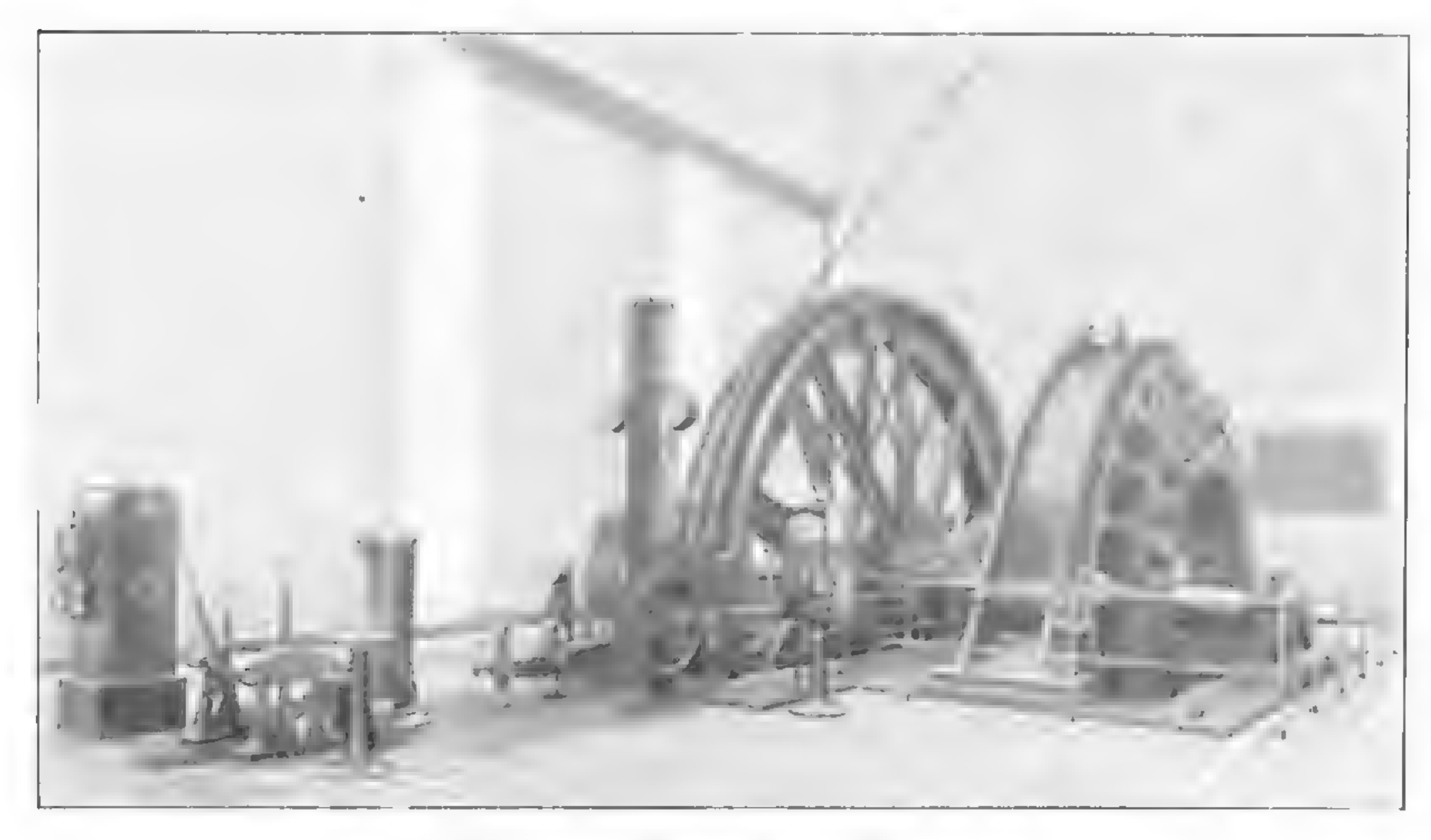


Abb. 1. Elektrische Hauptschacht-Fördermaschine.

Spezialfirmen bezogen wird. Für einige Ausführungen insbesondere der Bremse besitzt die AEG besondere Patente. Bei der Planung muß daher der Zweck der Maschine und die Art des Betriebes genau bekannt sein, damit der mechanische Teil (Treibscheibe, Bobine, zylindrische Trommel mit oder ohne Unterseil, konische oder zylindrisch-konische Trommel) richtig gewählt werden kann.

Drehstrom-Antriebe.

Auf Gruben ist fast ausschließlich Drehstrom vorhanden. Daher kommt meist der asynchrone Drehstrommotor wegen seiner Einfachheit und Betriebssicherheit in Frage. Er treibt in der Mehrzahl der Fälle mittels Zahnrades an. Bei Netzspannungen über 6000 Volt wird die Zwischenschaltung eines Transformators erforderlich. Die Umsteuerung des Fördermotors wird mittels eines Kontrollers durch die Umschaltung des Stators entweder unmittelbar oder unter Verwendung von Schützen bewirkt. Das Anlassen und Regulieren erfolgt mit demselben Steuerhebel durch Widerstandsschaltung im Rotorkreis, und zwar bei kleineren Maschinen (bis ca. 200 kW Normal-Leistung) mit Metallanlasser in Kontrollerform, bei grösseren mit Flüssigkeitsanlasser in Spezialausführung.

Die Fördergeschwindigkeit kann, wie schon erwähnt, reguliert werden. Sie ist aber nicht nur von der Stellung des Steuerhebels abhängig, sondern auch von der Belastung des Förderkorbes. Das Netz wird entsprechend dem Drehmomentendiagramm des Fördermotors, also beim Anlassen und Manövrieren sehr stoßweise belastet. Der Energieverbrauch ist wegen der Anlasserverluste umso ungünstiger, je länger die Anfahrzeit im Verhältnis zur Dauer der konstanten Fahrt ist.

Gleichstrom-Antriebe.

Wenn es wirtschaftlich ist, wird der Drehstrom in Gleichstrom umgeformt und man verwendet zum Antriebe der Fördermaschinen Gleichstrommotoren meist mit direkter Kupplung in folgender Schaltung:

a) Leonardschaltung ohne Belastungsausgleich: Der fremderregte Gleichstrommotor wird von einer besonderen, ebenfalls fremderregten Dynamo, der sogenannten Anlaßmaschine, gespeist. Das Anlassen, Regulieren und Umsteuern des Fördermotors geschieht durch Veränderung der Anlaßmaschinenerregung mittels eines Spezialsteuerschalters. Die Fördergeschwindigkeit ist bei dieser Schaltung fast nur abhängig von der Steuerhebelstellung. Zur Verbesserung der Steuerung werden erforderlichenfalls selbsttätige Regeleinrichtungen (Genauigkeitsschaltungen) angeordnet. — Die Anlaßmaschine und die zur Erzeugung der Fremderregung benötigte Erregerdynamo wird durch Dampfmaschine, Dampf-



Abb. 2. Schwungrad-Leonard-Umformer für Förderbetrieb.

turbine oder durch einen Elektromotor (meist Drehstrommotor) im Anschluß an das Grubennetz angetrieben. Die Belastung der Antriebsmaschine bzw. des Netzes entspricht dem Verlauf der tatsächlichen Förderleistung, sie setzt also allmählich ein und kann durch Anfahren mit abnehmender Beschleunigung so niedrig wie möglich gehalten werden, ohne daß dadurch eine wesentliche Verlängerung der Gesamtzugzeit eintritt. Die in Leonardschaltung

betriebene Fördermaschine hat also vor der mit unmittelbarem Netzanschluß betriebenen den Vorzug hoher Steuerfähigkeit, günstigen Belastungsverlaufs und in den meisten Fällen auch des geringeren Energieverbrauches.

b) Leonardschaltung mit Belastungsausgleich: Zum Ausgleich oder zur Milderung der Belastungsschwankungen, die bei der Leonardschaltung ohne Belastungsausgleich immerhin vorhanden sind, wird bei derselben Schaltung mit Belastungsausgleich der Anlaßmaschinensatz entweder mit einer Pufferdynamo oder nach dem System Ilgner-AEG mit einem Schwungrad gekuppelt. Puffer-Akkumulatoren sind selten. Bei der Anwendung von Schwungrad-Umformern wird die lebendige Kraft der Schwungmassen in ähnlicher Weise nutzbar gemacht, wie bei Walzwerkantrieben, indem man selbsttätige Schlupfregler anwendet. Sind mehrere Ilgner-Förderanlagen auf einer Grube in Betrieb, so können die vorhandenen Schwungmassen durch mechanische Kupplung oder durch besondere elektrische Schaltungen besser ausgenützt werden.

Die Betriebssicherheit elektrisch betriebener Fördermaschinen ist infolge Verwendung besonderer Sicherheitsapparate und Ueberwachungseinrichtungen eine derart hohe, daß zur Zeit bei Fördermaschinen mit Leonardschaltung Seilfahrtgeschwindigkeiten bis 16 m/sek. und bei Drehstrom-Fördermotoren bis 10 m/sek. in Frage kommen.

Förderhaspel.

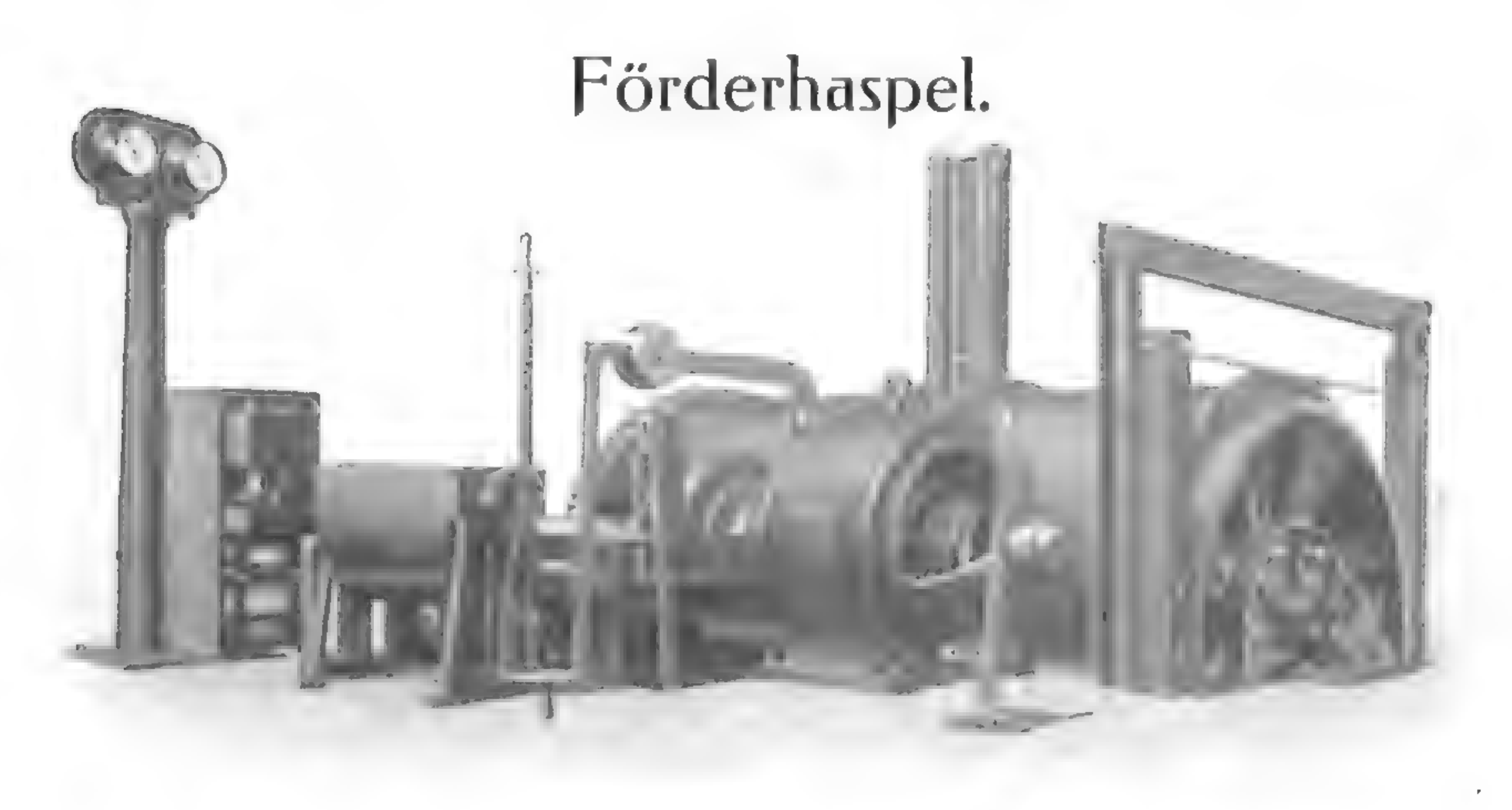


Abb. 1.
Elektrisch betriebener Förderhaspel.

Allgemeines. Förderhaspel werden für unmittelbaren Netzanschluß gebaut. Gleichstrom und Drehstrom sind gleich geeignet. Für Gleichstrom werden Nebenschluß- bzw. Compoundmotoren verwendet (keine Hauptstrommotoren); für Drehstrom Asynchronmotoren mit Widerstandsschaltung. Im übrigen gilt das für Fördermaschinen Gesagte für Förderhaspel sinngemäß.

Anfragen auf Förderhaspel muß ein ausgefüllter Fragebogen FB 92 (wie für Fördermaschinen) beigefügt werden. Mindestens muß angegeben werden: Teufe, bzw. bei Schrägförderhaspel Streckenlänge und Neigungswinkel, Fördergeschwindigkeit, Höchstzahl der in einer Stunde verlangten Förderzüge oder ein Arbeitsdiagramm. Wichtig sind ferner die Angaben, ob Seilrevisionsfahrten ausgeführt werden sollen, ob nur Fallgewichtsbremse für Lastfahrten oder auch Sicherheitsbremse für Seilfahrten verlangt wird, ob schlagwettersichere Ausführung erforderlich ist.

Motoren. In der Regel sind Motoren für Dauerleistung zu verwenden. Ist die prozentuale Einschaltdauer kleiner als 35%, so können Motoren für aussetzenden Betrieb gewählt werden. In Schlagwettergruben müssen je nach Vorschrift entweder ganz mit Plattenschutzkapselung versehene Motoren verwendet werden oder offene Motoren, deren Schleifringe Plattenschutzkapselung besitzen. Die Schleifringe können auch massive Stahlgußkapselung (Abb. 2) erhalten.

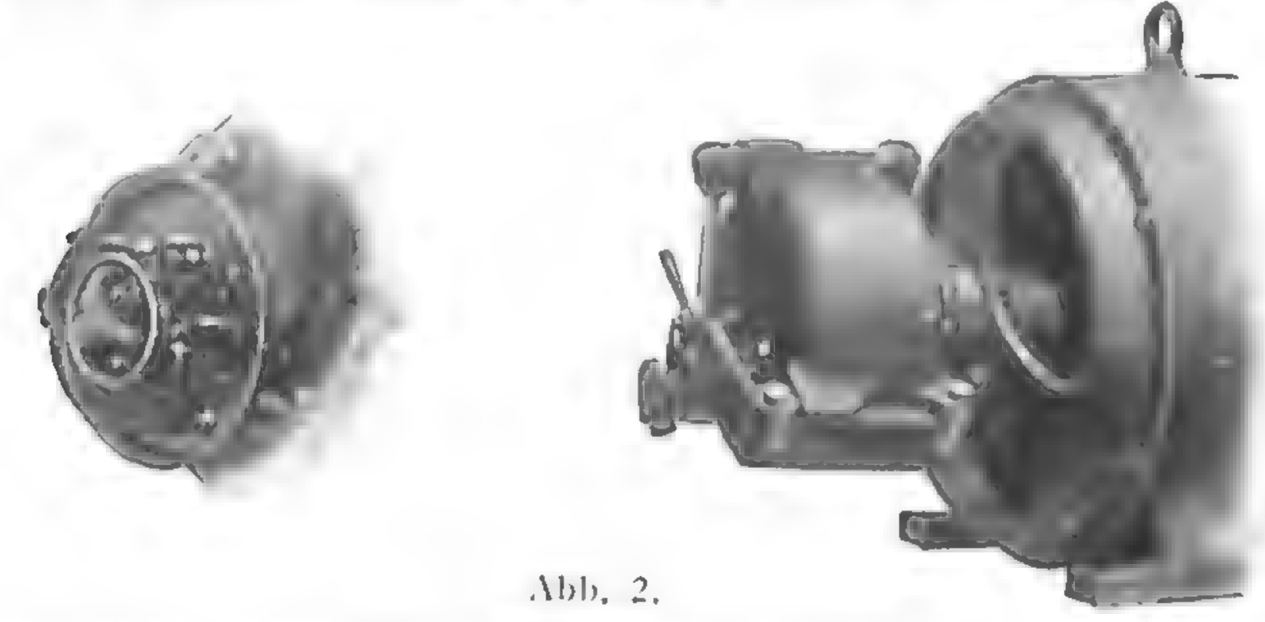


Abb. 2.
Schlagwettersichere, massive Stahlgußkapselung der Schleifringe eines Drehstrommotors.
Kapsel für Revision im Stillstand geöffnet. Kapsel für Betrieb geschlossen.

Schalt- und Steueranlagen. Stets ist gußeisen-gekapseltes Material zu empfehlen. Für Schlagwettergruben sind Schalt-, Steuer- und Sicherheitsapparate stets für Schaltung unter Oel auszuführen. Die Anlaß- und Regulierwiderstände müssen den Betriebsverhältnissen genau angepaßt sein, besonders wenn Seilrevisionsfahrten ausgeführt werden sollen. Hohe Ohmzahl müssen die Widerstände für Schräghaspel erhalten, bei denen die Wagen direkt auf Schienen laufen. Normale Widerstände sind für Förderhaspel nicht verwendbar.

Werkzeugmaschinen.

Allgemeines: Verlangt der Arbeitsvorgang Geschwindigkeitsregulierung (Drehbänke, Bohrmaschinen, Revolverbänke, Automaten, Metall-Hobel- oder Fräsmaschinen, Schleifmaschinen usw.), so ergibt der Reguliermotor geringsten Kraftverbrauch und geringste Arbeitszeit[1]).

Antriebe mit fester Drehzahl bedingen keine Sonderbehandlung. Jedoch werden Maschinen mit stark schwankendem Kraftbedarf (Pressen, Scheren, Stanzen usw.), wenn mit Schwungrad versehen, am besten durch Compoundmotoren angetrieben, wenn Schwungräder nicht angewendet

[1]) Zeitschrift „Der Betrieb", Aug. 20, S. 341. „Abkürzung der Arbeitszeit und Verminderung des Kraftbedarfs der Reguliermotoren."

werden, durch Reguliermotorantrieb mit Arbeitsregler[1]). Schwungräder haben viele Nachteile und sind oft entbehrlich, ebenso wie verlustreiche hydraulische, dampf-hydraulische oder Preßluft-Anlagen zum Betrieb solcher Maschinen.

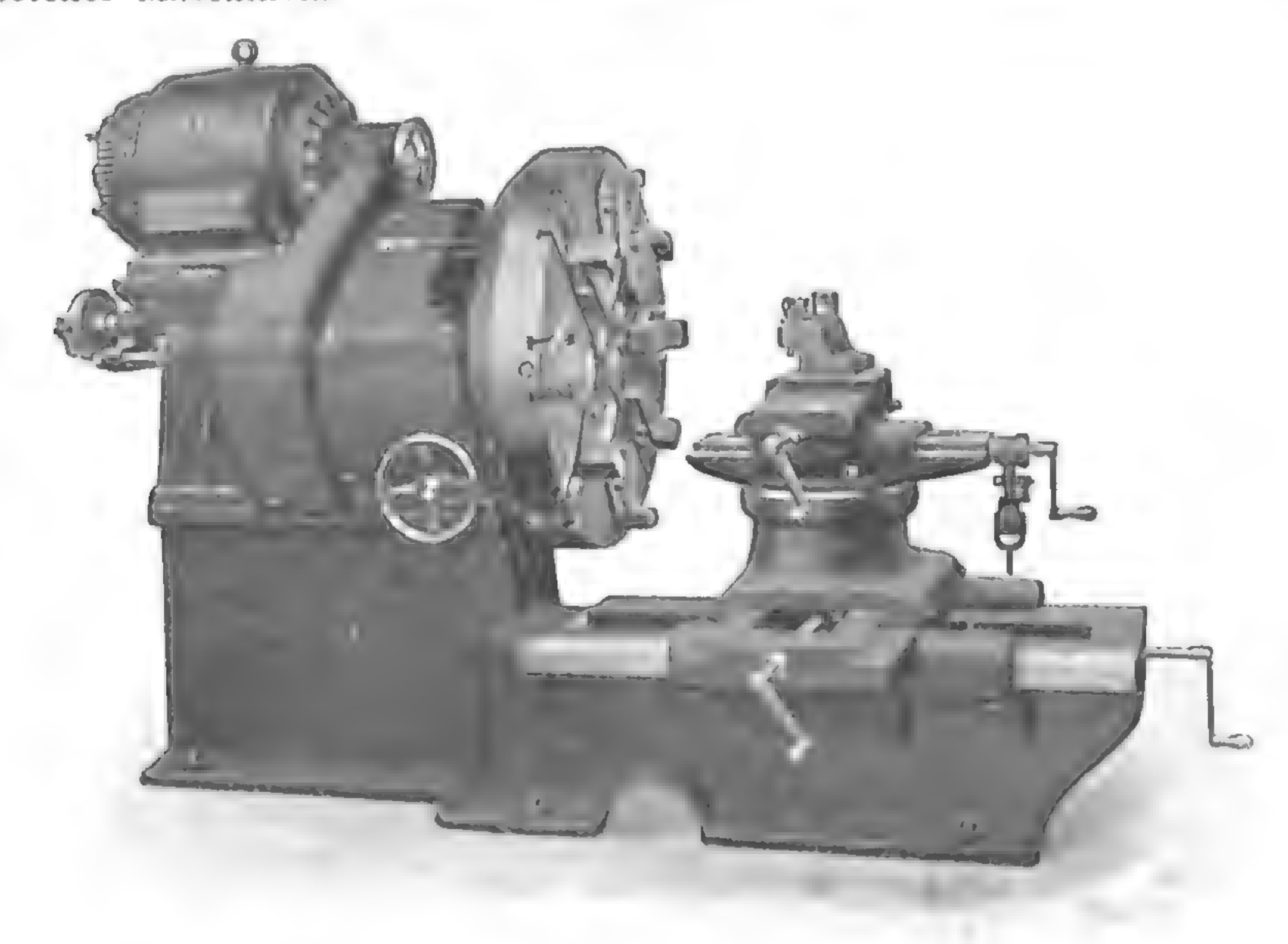


Abb. 1. Plandrehbank mit regelbarem Gleichstrommotor.

Stromart: Bei Geschwindigkeits- oder Arbeits-Regulierung (Metallbearbeitungsmaschinen, Pressen, Walzwerkhilfsmaschinen usw.) Gleichstrom. Spannung je nach Ausdehnung der Anlage und Maschinengröße (220 oder 2 × 220 = 440 Volt). Umformung aus Drehstrom mittels Einankerumformer. Erstehungskosten werden durch Strom- und Arbeitszeit-Ersparnisse vielfach gedeckt; gleichzeitig Verbesserung des cos φ [2]).

Für Antriebe mit fester Drehzahl, Holzbearbeitung, Sägewerke: Drehstrom. Spannung je nach Ausdehnung der Anlage und Maschinengröße (380/220 Volt, bezw. Hochspannung).

Kraftbedarf berechnet sich aus erschütterungsfreier Durchzugskraft bzw. Drehmoment und mittlerer Schruppgeschwindigkeit. Der Kraftbedarf ist bei Reguliermotorwerkzeugmaschinen 40—70 v. H. geringer als bei Räderkastenmaschinen[3]). Die Dauerleistung nach den Normalien des V. D. E. kann fast niemals ausgenützt werden (ausgenommen Sägewerksmaschinen); deshalb ist die Ueberlastungsfähigkeit auszunützen.

Drehbänke. Reguliermotor, vorwiegend mit Spindelstock zusammengebaut (Abb. 1), oder im Fuß eingebaut (Abb. 2). Umbau von Stufenscheibendrehbänken durch Aufbau des Regulier-

[1]) „Zeitschrift d. V. d. Ingen." 1920 S. 500. „Reguliermotoren m. Arbeitsregler für Pressen, Scheren u. dergl." S. auch AEG Druckschrift G 3 46.

[2]) AEG-Mitteilungen 1920, Heft 2, S. 18.

[3]) Zeitschrift „Der Betrieb", Aug. 20 S. 341. Abkürzung der Arbeitszeit und Verminderung des Kraftbedarfs der Reguliermotoren"

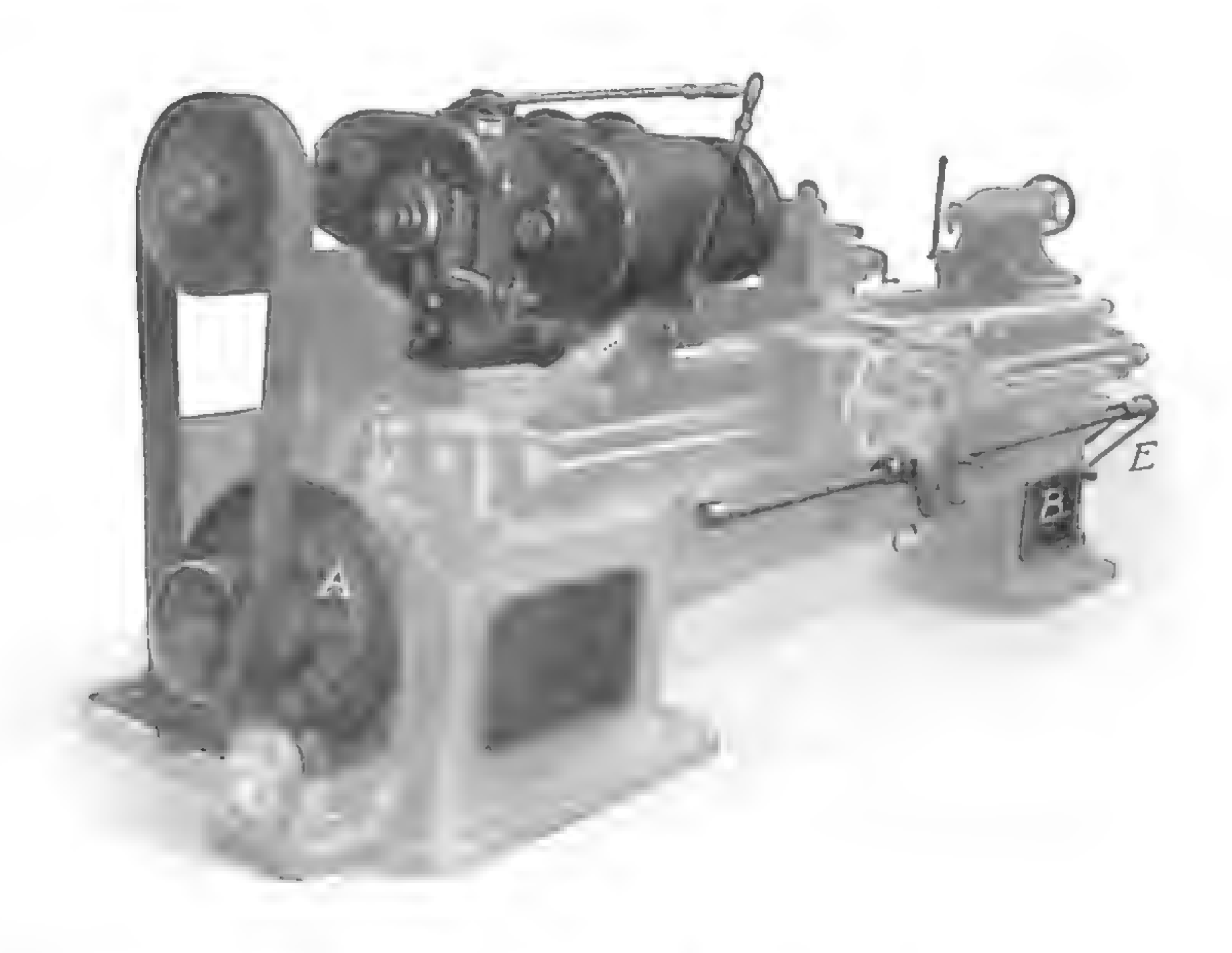


Abb. 2. Schnelldrehbank mit Reguliermotor (A), Regulier-Anlasser (B), Handrad (C), Welle (D), Kette (E) zur Betätigung des Anlassers.

motors über Spindelstock; Antrieb auf größte Stufe mit Spannrolle. Der Regulieranlasser muß vom Stande des Arbeiters (Werkzeugschlitten) zu betätigen sein; Schaltkasten mit Stromzeiger (M-Skala) zur vollen Ausnützung der Durchzugskraft; Steuerung: Schaltwalzenregulieranlasser, Wenderegulierkontroller oder Reglerhebelsteuerung. Bei Revolverdrehbänken selbsttätiger Geschwindigkeitswechsel (D. R. P.); bei Ganz- und Halb-Automaten, Reglerhebelsteuerung mit selbsttätiger Regelung durch Kurvenscheibe; bei großen und umfangreichen Maschinen Universal-Druckknopfsteuerung[1]).

Bohrmaschinen: Antrieb mit Horizontal- oder Vertikalreguliermotor Abb. 3; letzterer besonders f. Radialbohrmaschinen.

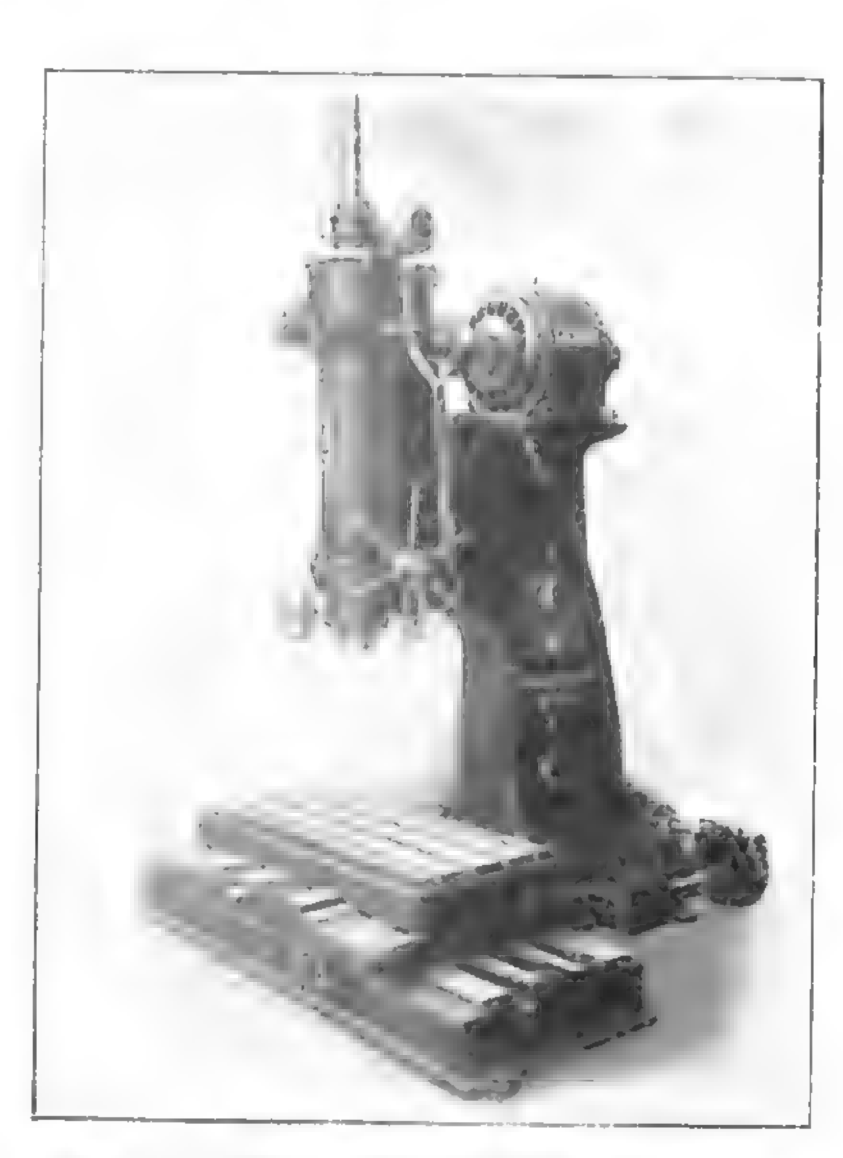


Abb. 3. Bohrmaschine mit horizontalem Reguliermotor.

[1]) Reguliermotoren und Steuerungen siehe Auszugsliste Gs. 4 W.

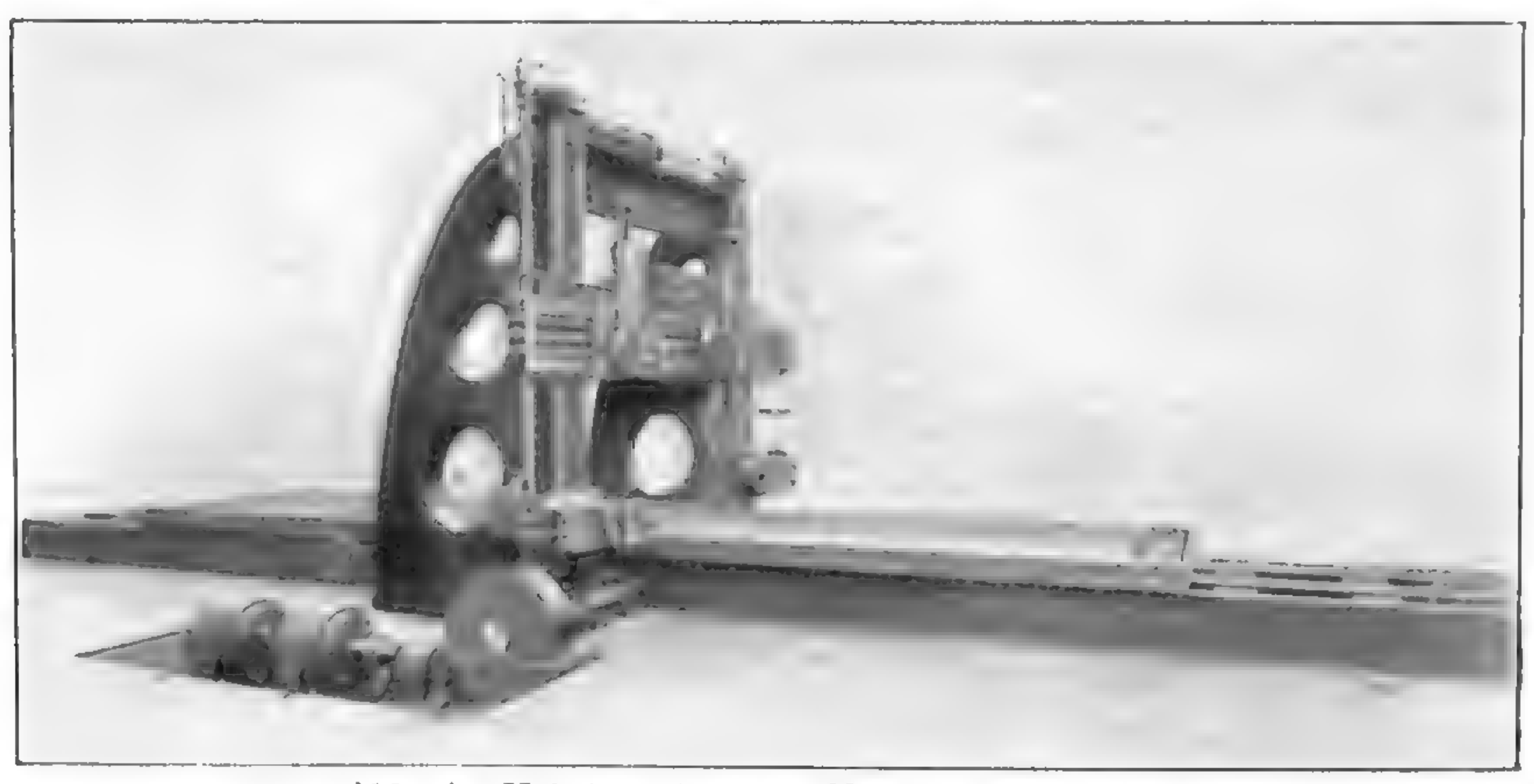


Abb. 4. Hobelmaschine mit Umkehrreguliermotor.

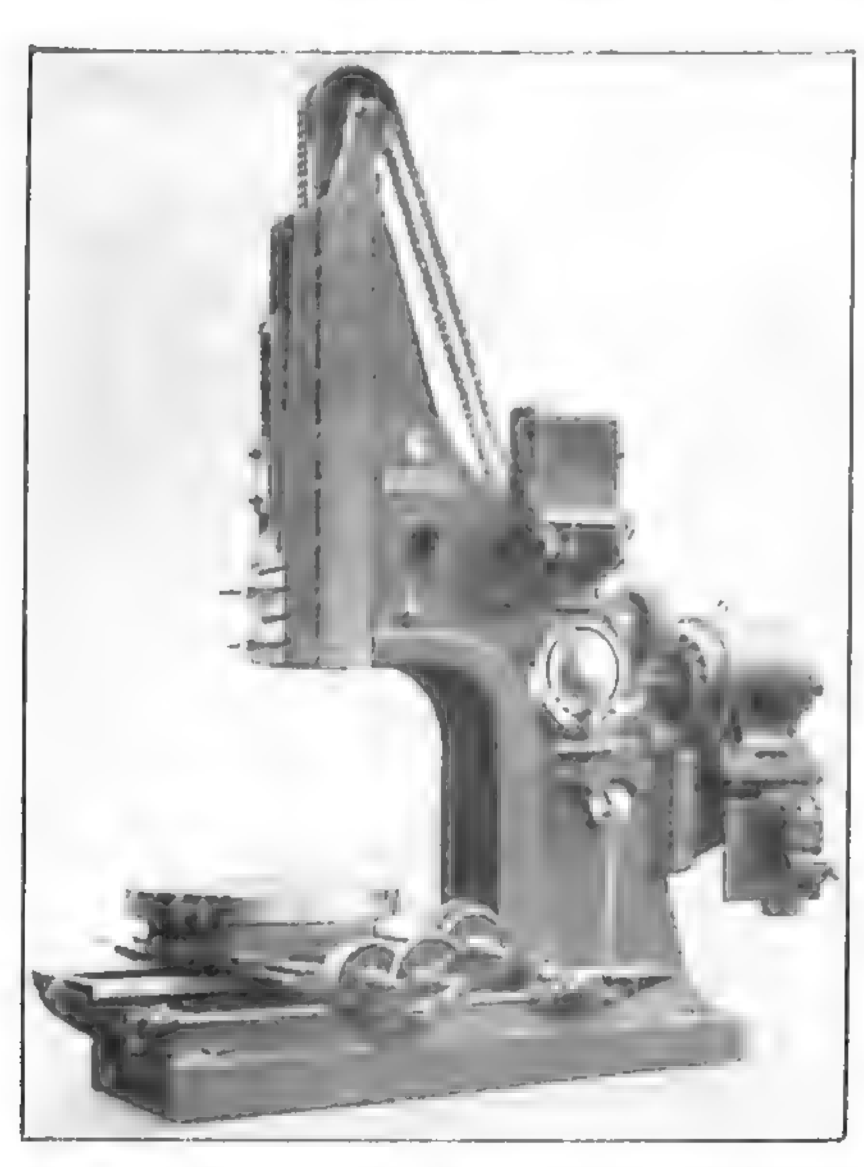


Abb. 5. Stoßmaschine mit Umkehr-Regulier-Motor.

Hobelmaschinen[1]: Umkehrreguliermotor bietet 50—80 v. H. Kraftersparnis gegen Riemen- oder Kupplungsumsteuerung, ferner große Zeitersparnis durch selbsttätig beschleunigten Rücklauf. Regulierfähigkeit für Arbeitsgang und Rücklauf unabhängig voneinander.

Stoßmaschinen (Abb. 5): wie Hobelmaschinen mit selbsttätig beschleunigtem Rücklauf angetrieben.

Fräsmaschinen werden gern mit eigenem Vorschubmotor in Abhängigkeitsschaltung versehen[2].

Selbsttätige elektrische Vorschübe: absatzweise für Hobelmaschinen usw.; gleichförmig für Sägen-, Walzenanstellungen usw.[3])

Band- und Gattersägen für Holz: direkt gekuppelter Motor 500 oder 600 Umdr.

Dicken-Abricht-Fräs-Maschinen für Holz: Einzelantrieb mit Riemen vom Motor auf Maschine unmittelbar. Hier bringen Transmissionen, besonders schnellaufende, unnötige Verluste[4]).

Werkzeugmaschinen für Eisenbahnwerkstätten[5]).

Werkzeugmaschinen für Schiffsbauzwecke[6]).

---

[1]) AEG-Druckschrift „Neue Hobel- und Stoßmaschinen" G 3 36
[2]) AEG-Druckschrift G 3 39.
[3]) AEG-Druckschrift G 3 39.
[4]) AEG-Druckschrift G 3 30 a.
[5]) Klischeeblätter G 3 1039, 40, 41.
[6]) AEG-Druckschrift G 3 23.

Antrieb von Pumpen.

Kraftbedarf von Pumpen einschl. Antriebsorgane = Leistung der Antriebsmaschine (des Elektromotors) in PS.

$$N = \frac{Q \cdot 1000 \cdot \gamma \cdot H_{man}}{60 \cdot 75 \cdot \eta}$$

worin bedeutet:

Q = Fördermenge in cbm/min,

γ = spez. Gewicht,

H_{man} = manometrische Förderhöhe in m, Saughöhe + Druckhöhe + Widerstandshöhe in m[1]).

η = Wirkungsgrad der Pumpe einschl. Antriebsorgane (etwaige Riemen und Zahnräder).

Kolbenpumpen. Guter Wirkungsgrad, große Saughöhe, aber teuer in der Anschaffung und großer Raumbedarf. Fördert bei gleichbleibender Drehzahl unabhängig von Förderhöhe stets gleiche Wassermenge.

Im **Bergbau** für Wasserhaltungen von 200 PS an aufwärts Drehstrom-Hochspannungsmotoren, direkt auf der Pumpenwelle sitzend, mit ca. 90 bis 144 U. i. d. M. laufend. Bei druckhaftem Gebirge Störungen durch Fundamentänderungen möglich. Bei sehr hohen Förderhöhen Materialschwierigkeiten zu befürchten, daher Bevorzugung von Zentrifugalpumpen[2]).

In **städtischen Wasserwerken** in Anlehnung an Dampfpumpmaschinen vielfach Kolbenpumpen auch mit elektrischem Antrieb im

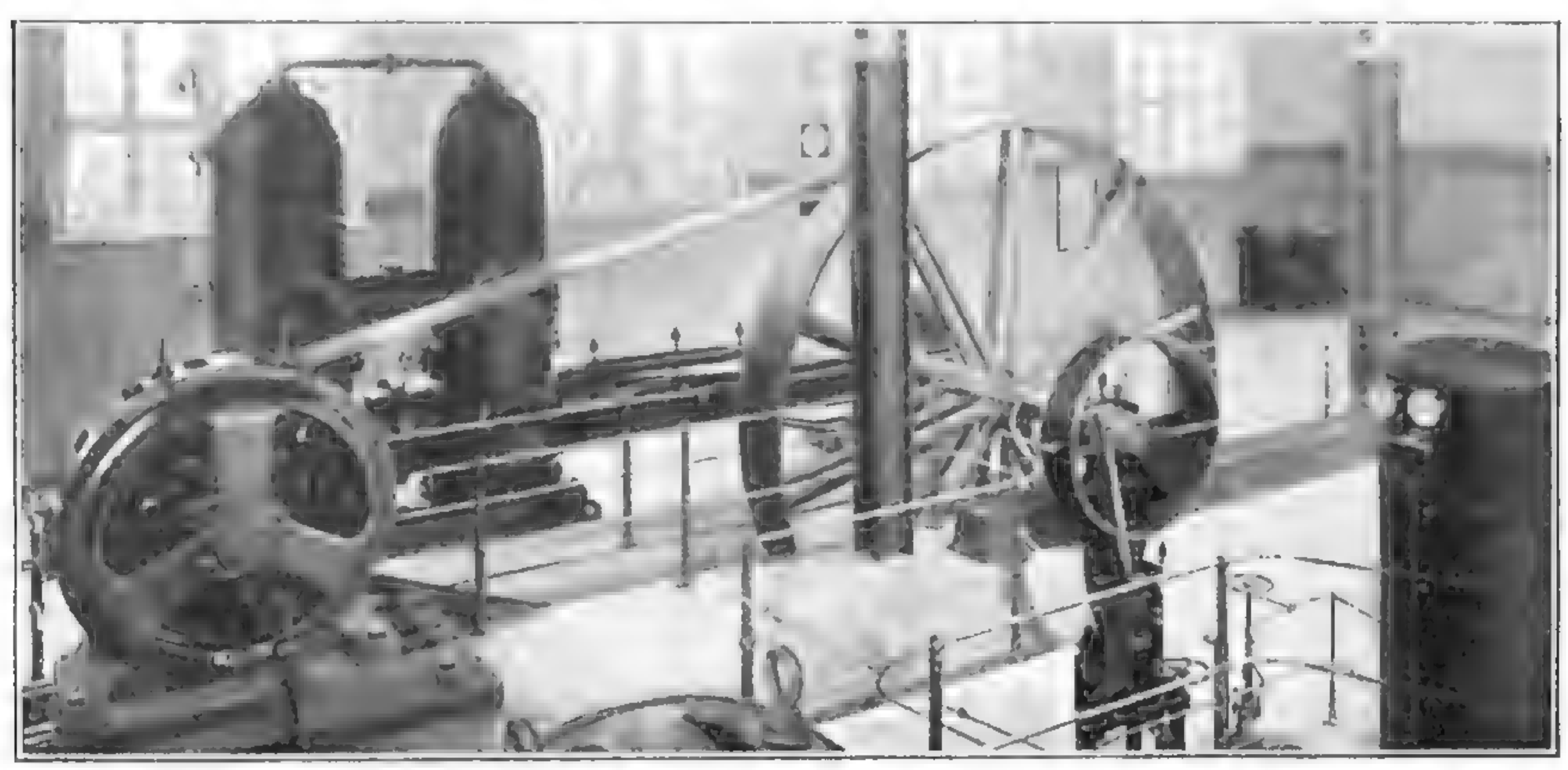


Abb. 1. Städtisches Wasserwerk mit elektrischem Antrieb.

Gebrauch, wegen der großen Wassermengen meist langsam laufend und vom Elektromotor durch Riemen mit Spannrolle angetrieben. Wasser meist nicht unmittelbar zum Trinken brauchbar, daher Förderung des Rohwassers zunächst auf geringe Höhe auf eine Filter- oder Enteisenungsanlage, in der ein gewisser Prozentsatz verdunstet, Förderung des Rein-

---

[1]) F. B. 83 = Fragebogen über elektrisch angetriebene Pumpenanlagen.

[2]) Druckschrift G III 18, Elektrischer Antrieb von Wasserhaltungen, Kompressoren und Grubenventilatoren.

wassers auf größere Höhe. Reinwasserpumpe, meist liegend — häufig mit Rohwasserpumpe, meist im Brunnen stehend — verbunden durch gemeinsamen Motor von einer Welle angetrieben (Abb. 1).

In **Kanalisationsanlagen** starkveränderliche Fördermenge und Motorleistung, wenn außer den Abwässern auch Regenwasser auf weitabliegende Kläranlagen und Rieselfelder gedrückt wird[1]).

Zentrifugalpumpen. Pumpe mit Motor, direkt gekuppelt, billig in der Anschaffung, fordert wenig Raum und Bedienung. Gegenüber der Kolbenpumpe grundsätzlicher Unterschied. Kolbenpumpe hat große Saughöhe, fördert immer gleiche Wassermenge. Bei Zentrifugalpumpe ist Saughöhe beschränkt. Fördert trotz gleichbleibender Drehzahl nicht immer gleiche Wassermenge. Wassermenge sinkt, wenn Förderhöhe steigt, Pumpe kann dann ungenügende Leistung haben. Wassermenge steigt, wenn Förderhöhe sinkt, Motor kann dann überlastet werden. Fördert z. B. eine Pumpe das Wasser aus einem Flußlauf, dessen Wasserspiegel bei Hoch- und Niedrigwasser stark schwankt (Rhein), so kann der eigenartige Fall eintreten, daß bei Hochwasser, also bei niedrigster Förderhöhe der Motor überlastet wird. Mittels des Regulierschiebers auf der Pumpe läßt sich jedoch die Wassermenge so weit drosseln, daß Ueberlastung des Motors ausbleibt.

Bei sehr langem Druckrohrnetz kann die Widerstandshöhe einen so beträchtlichen Anteil an der Gesamtförderhöhe ausmachen, daß die Fördermenge und Leistung sehr stark wechselt, je nachdem eine oder mehrere Zentrifugalpumpen in das Drucknetz arbeiten. Die Widerstandshöhe W in m ist

$$W = \lambda \cdot \frac{l \cdot v^2}{d \cdot 2 \cdot g}$$

worin bedeutet:

λ = 0,03 für überschlägliche Berechnung bei runden Rohren,
l = Länge des Rohrstranges mit unveränderlichem Querschnitt in m der gerade gestreckt gedachten Achse,
d = lichter Durchmesser des kreisförmigen Rohres in m,
v = mittlere Geschwindigkeit der Flüssigkeit im Rohrstrang in m/sek,
g = Erdbeschleunigung, 9,81.

Angesichts der derzeitig hohen Rohrpreise hat bei langen Rohrleitungen, z. B. in Wasserwerken die Kenntnis des finanziell günstigsten lichten Rohrdurchmessers erhöhte Bedeutung.

$$d = \sqrt{q} \cdot \sqrt[6]{\frac{u}{6} + \frac{\frac{3650}{3}}{M} \cdot K \cdot s}$$

worin bedeutet:

d = ökonomisch günstigster lichter Durchmesser in m,
q = Wassermenge in cbm/sek,
M = Anlagekosten der maschinellen Anlage pro Pferdestärke,
K = Kostenaufwand an Brennstoff, Bedienung, Schmiermaterial, Strom usw. pro PS-Stunde,
s = durchschnittliche tägliche Betriebsdauer in Stunden,
u = Anlagekosten pro laufende Meter der Rohrleitung.

[1]) Graphisches Verfahren zur Beurteilung des elektrischen Antriebes von Pumpen von M. Gaze, veröffentlicht im Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1914.
Das Abwässerpumpwerk in Brandenburg a. d. Havel, Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1. 1. 1916.



Abb. 2. Wasserhaltungsmotor, 1000 PS, Frischlufteintritt von unten.

Im **Bergbau** für Wasserhaltungen werden meist Drehstrom-Hochspannungsmotoren bis zu 2000 PS mit 1500 U. i. d. Min. verwendet. Bis 1000 PS Lagerschildbauart (Abb. 2), für größere Leistungen Motor auf Grundplatte und Stehlagern (Abb. 3). Sonderkonstruktionen zum bequemen Einbringen durch den Förderschacht. Motoren als Durchzugstype gebaut mit Flanschen zum Zu- und Abführen gefilterter Kühlluft[1]).



Abb. 3. Wasserhaltungsmotor, 1750 PS, Frischlufteintritt seitlich.

[1]) Richtlinien für den Bau großer Wasserhaltungen mit Zentrifugalpumpen siehe Zeitschrift Glückauf, 1917 Nr. 15 und 16. — Die neue Wasserhaltung der Zeche Graf Bismarck, siehe Zeitschrift Glückauf, 1920 Nr. 44.

Wassermengen in Litern pro Sekunde.

Rohr-durchm. in mm	Geschwindigkeit des Wassers in m/sek							
	0,10	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,50	2,00
20	0,031	0,063	0,126	0,189	0,251	0,314	0,471	0,628
40	0,126	0,251	0,503	0,754	1,005	1,257	1,885	2,514
60	0,283	0,565	1,131	1,697	2,262	2,827	4,241	5,655
80	0,503	1,005	2,011	3,016	4,021	5,027	7,540	10,053
100	0,785	1,571	3,142	4,712	6,283	7,854	11,781	15,708
150	1,767	3,534	7,069	10,603	14,137	17,672	26,507	35,343
200	3,142	6,283	12,566	18,850	25,133	31,416	47,124	62,832
300	7,069	14,137	28,274	42,411	56,549	70,686	106,03	141,37
400	12,566	25,133	50,266	75,398	100,53	125,66	188,50	251,33
500	19,635	39,270	78,540	117,81	157,08	196,35	294,53	392,70
600	28,274	56,549	113,10	169,65	226,19	282,74	424,11	565,49
700	38,485	76,969	153,94	230,91	307,88	384,85	577,27	769,69
800	50,266	106,53	201,06	301,59	402,12	502,66	753,98	1005,3
900	63,617	127,23	254,47	381,70	508,94	636,17	954,26	1272,3
1000	78,540	157,08	314,16	471,24	628,32	785,40	1178,1	1570,8

Widerstandshöhen in mm f. 100 m Rohrleitung u. Wasserförderung.

Rohr-durchm. in mm	Geschwindigkeit des Wassers in m/sek							
	0,10	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,50	2,00
20	0,1535	0,4940	1,6360	3,3423	5,5829	8,3404	17,426	29,562
40	0,0618	0,2045	0,6879	1,4504	2,4516	3,6952	7,8406	13,437
60	0,0367	0,1238	0,4298	0,9017	1,5340	2,3232	4,9695	8,5613
80	0,0256	0,0872	0,3064	0,6471	1,1056	1,6797	3,6118	6,2437
100	0,0194	0,0667	0,2365	0,5018	0,8600	1,3095	2,8266	4,8981
150	0,0118	0,0413	0,1487	0,3181	0,5479	0,8375	1,8192	3,1651
200	0,0083	0,0296	0,1075	0,2312	0,3996	0,6123	1,3352	2,3289
300	0,0052	0,0186	0,0685	0,1483	0,2574	0,3956	0,8671	1,5174
400	0,0037	0,0134	0,0500	0,1086	0,1890	0,2911	0,6400	1,1219
500	0,0029	0,0105	0,0392	0,0855	0,1490	0,2298	0,5064	0,8889
600	0,0023	0,0086	0,0322	0,0703	0,1229	0,1896	0,4185	0,7354
700	0,0020	0,0072	0,0273	0,0597	0,1044	0,1613	0,3564	0,6268
800	0,0017	0,0062	0,0236	0,0518	0,0907	0,1402	0,3102	0,5460
900	0,0015	0,0055	0,0208	0,0458	0,0802	0,1240	0,2746	0,4835
1000	0,0013	0,0049	0,0186	0,0410	0,0718	0,1111	0,2462	0,4337

Aus „Hütte" des Ingenieurs Taschenbuch.

In **städtischen Wasserwerken**[1]) Rohwasser- und Reinwasserpumpe meist von je einem besonderen Motor angetrieben. Rohwasserpumpe häufig tiefer stehend. In Grundwasserwerken sind neuerdings, falls Geländeverhältnisse für Heberleitungen ungünstig, die einzelnen Filterbrunnen mit elektrischen Tiefbrunnenpumpen mit senkrechter Welle ausgestattet[2]).

Für **Kanalisationsanlagen** ähnliche Gesichtspunkte wie bei Wasserwerken.

Für **Fabriken, Hüttenwerke, Bahnhofsanlagen** ausgedehnte Verwendung elektrisch betriebener Zentrifugalpumpen häufig mit selbsttätiger Anlaßvorrichtung und Betätigung durch Schwimmer, der vom Wasserstand beeinflußt wird, beim Entleeren von Behältern vom Saugwasserspiegel, bei Füllung von Behältern vom Druckwasserspiegel.

Besondere Ausführungen.

Vertikalmotoren für Abteufanlagen. Drehstrommotoren mit senkrechter Welle, wasserdicht gekapselt mit Wasserkühlung, 1500 U. i. d. M. bis

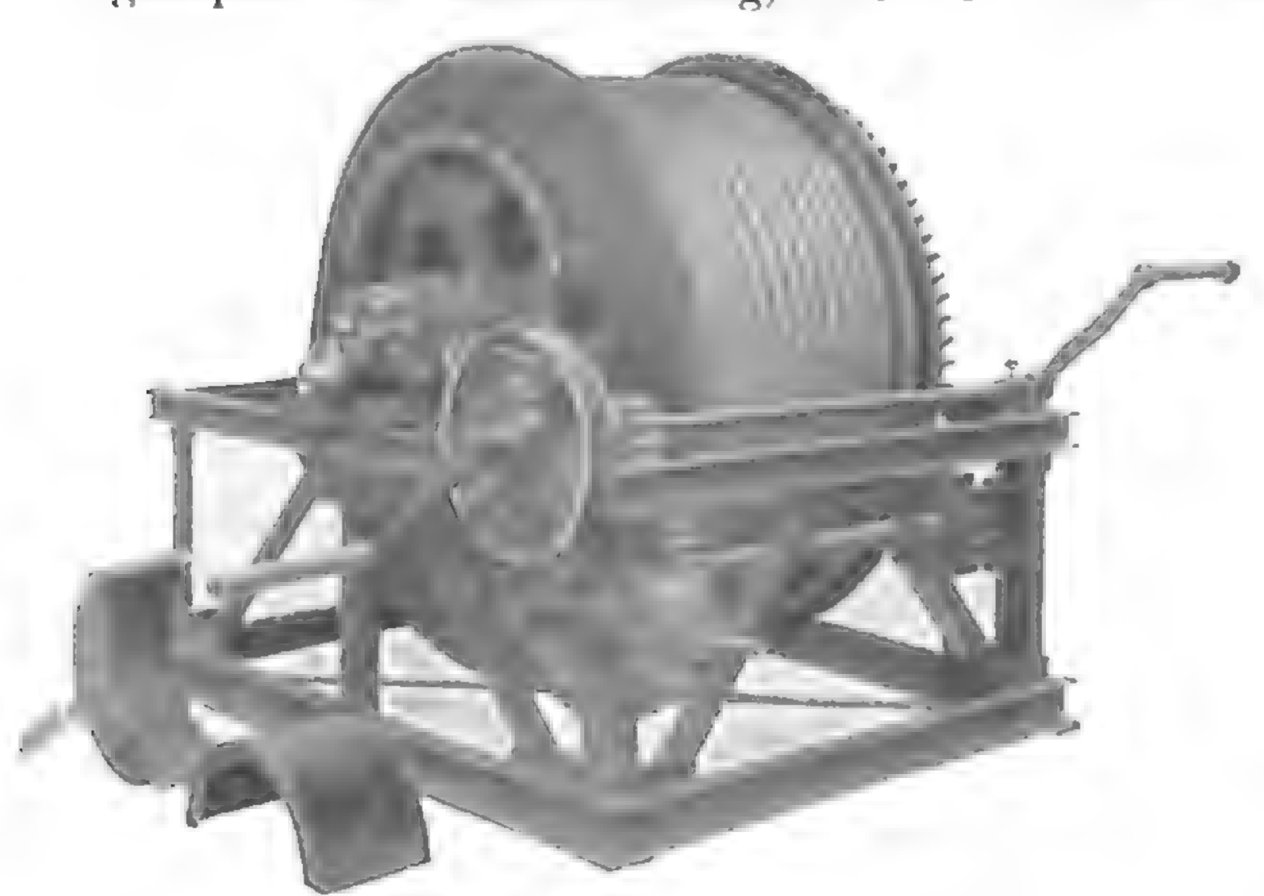


Abb. 4. Kabelwinde mit Schleifringsystem.

1000 PS Leistung mit Kurzschlußanker, Zusammenbau mit Pumpe und Senkrahmen (Abb. 5), Abteufkabelwinde (Fig. 4).



Abb. 5. Abteufpumpe.

[1]) Druckschrift G III 34 „Der elektrische Betrieb von Wasserwerken, Kanalisations- und Entwässerungsanlagen".

[2]) Druckschrift G III 43 „Ein neuartiges elektrisches Wasserwerk".

Elektrisch betriebene Gebläse.

Ventilatoren.

Fächer dienen nur zur Bewegung der Luft in einem Raume; sie erneuern sie nicht.

Lüfter[1]) sind alle auf Schraubenradwirkung beruhenden Luftbewegungen und Lufterneuerungen bei geringer Druckveränderung bezweckenden Maschinen (Abb. 1). Bei freiem Luftein- und -austritt und bei ganz niedrigen Druckhöhen sind die Lüfter den Ventilatoren vorzuziehen, weil bei gleicher Fördermenge Kraftbedarf und Preis niedriger sind.

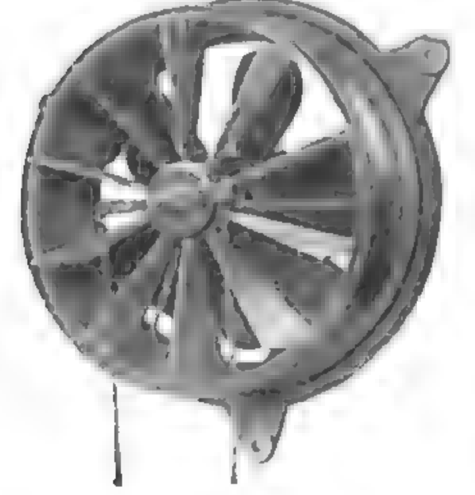


Abb 1.
Lüfter mit radial drehbarer Verschlußklappe.

Ventilatoren*) sind alle auf Schleuderradwirkung beruhenden Luftbewegungen und Lufterneuerungen oder Förderung leichter Körper bei mäßigen Druckveränderungen bezweckenden Maschinen. Z.B. Grubenventilatoren, Saugzugventilatoren, Späneventilatoren usw. (Abb. 2). Antrieb aller Ventilatoren direkt durch Elektromotor, Flügelrad sitzt meistens freifliegend auf dem Motorwellenstumpf.

Kraftbedarf der Ventilatoren:

$$N = \frac{Q \cdot p}{60 \cdot 75 \cdot \eta} \text{ in PS}$$

Hierin bedeuten: Q = Liefermenge in cbm/min. p = Gesamtdruckhöhe in mm Wassersäule. η = Wirkungsgrad, für Lüfter 20 bis 30%, für Ventilatoren 50 bis 75%.

Die Gesamtdruckhöhe ist gleich der Summe aller vor und hinter dem Ventilator auftretenden Widerstände (Statischer Druck p_{st} plus dem dynamischen Druck p_d). $p = p_{st} + p_d$. Letzterer ist die zur Erzeugung der Geschwindigkeit noch zusätzliche, in Druckhöhe ausgesprochene Arbeitsfähigkeit der bewegten Luft.

$$p_d = \frac{\gamma \cdot v^2}{2 \cdot g}$$

Hierin bedeutet: γ = Luftgewicht in kg/cbm. v = Luftgeschwindigkeit in m/sek. $g = 9{,}81$.

Zur Bestimmung des günstigsten Ventilators für eine bestimmte Anlage ist in erster Linie die Kenntnis der statischen Druckhöhe und der Anschlußrohrmaße nötig. Erst dann ist die Berechnung und Bemessung so möglich, daß der Ventilator in seiner günstigsten Betriebslage arbeitet, die etwa zwischen dem ersten und zweiten Drittel derjenigen Liefermenge liegt, die der Ventilator bei freiem Luftein- und -austritt hat. Siehe die

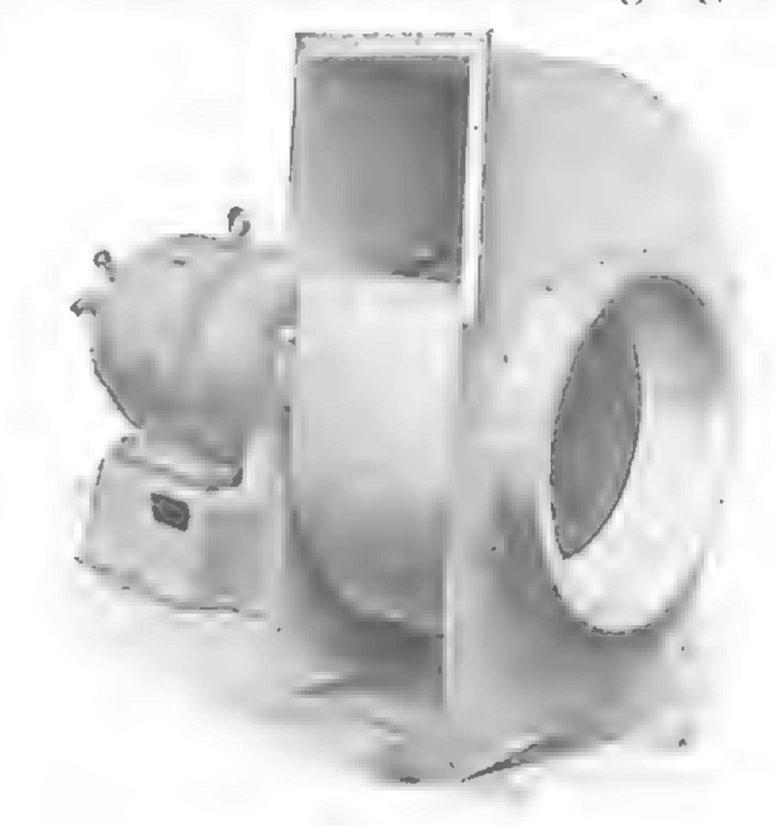


Abb. 2.
Meteor-Schleuderrad-Ventilator mit geschlossenem Gleichstrommotor.

[1]) Beschreibung: Elektroventilatoren für Lüftungsanlagen, AEG-Mitteilungen Nr. 4 und 5 1920 und Sonderabdruck G. III, 44.

Kennlinien der Abb. 4. Bei falsch berechneten Ventilatoren ist der Antriebsmotor durch Ueberlastung gefährdet.

Grubenventilatoren[1]) (Abb. 3), auch Saugzugventilatoren, erhalten häufig Antriebe mit regelbarer Umlaufszahl. Da Grubenventilatoren meist Drehstromantriebe erhalten, erfolgt die verlustlose Drehzahlregulierung durch Kaskadenschaltungen nach AEG-Patenten. Bei Veränderung der Umlaufszahl ändert sich die Luftmenge proportional, die Druckhöhe quadratisch und der Kraftbedarf, abgesehen von der Lagerreibung, mit der dritten Potenz der Umlaufszahl.

Gebläse, Kompressoren, Vakuumpumpen.

Gebläse sind Maschinen, bei deren Luftbewegung eine Druckveränderung bis 2,5 atm. Ueberdruck erzeugt wird, bei höheren Ueberdrücken spricht man stets von Kompressoren. Zur Erzeugung eines Unterdruckes oder Vakuums dienen Vakuumpumpen. Alle drei Gruppen können nach Art der Kolben-, Schleuderrad-, Turbomaschinen gebaut sein.

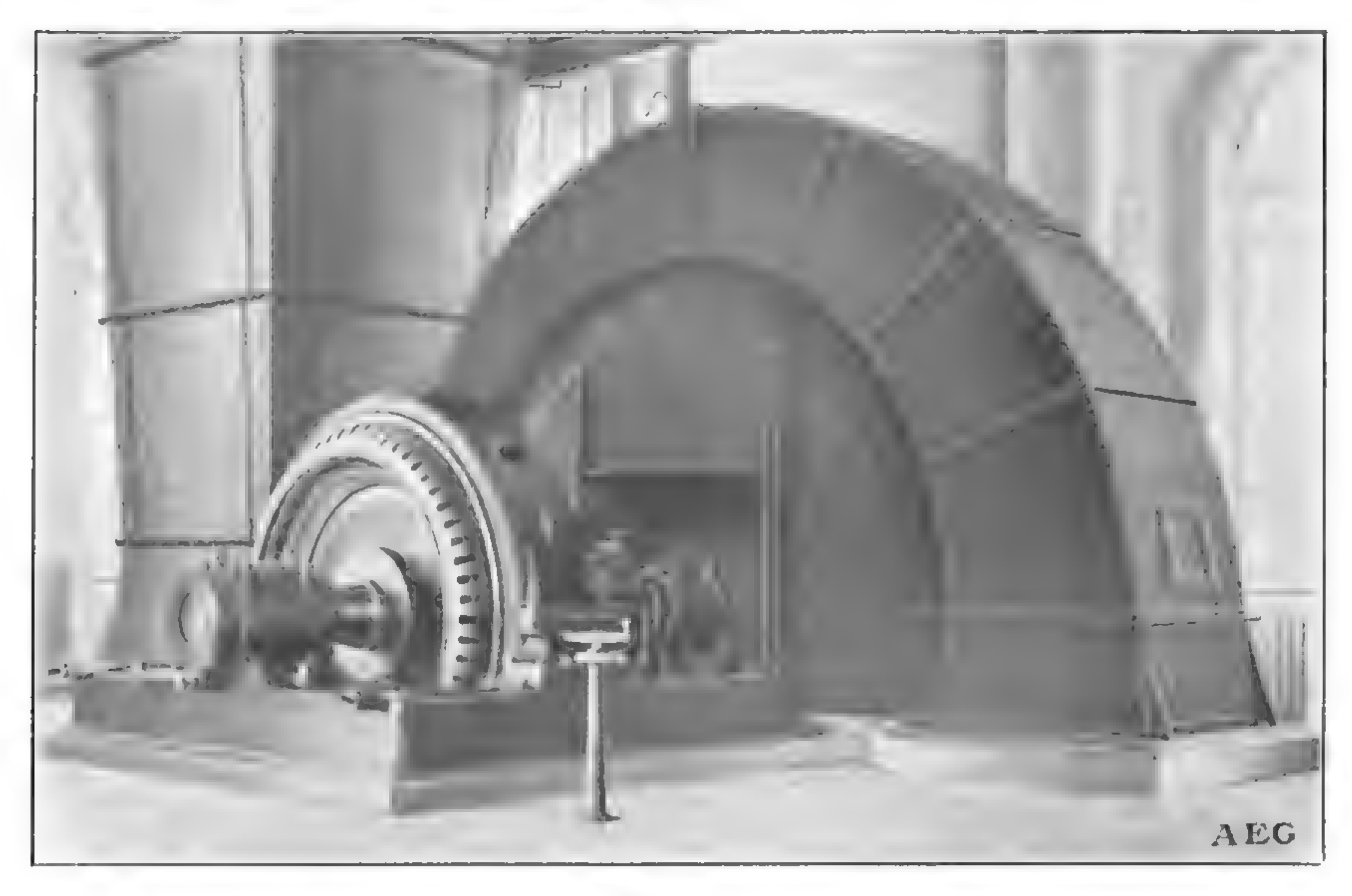


Abb. 3.
Gruben-Ventilator für 10600 cbm/Min., angetrieben durch Drehstrommotor von 900 PS.

Antrieb und Regulierung. Bei elektrischem Antrieb — insbesondere gilt dies bei Kolbenkompressoren für Preßlufterzeugung — erfolgt die Luftmengenregulierung dadurch, daß bei Erreichung des Höchstdruckes der Kompressor bei konstanter Umlaufszahl selbsttätig auf mechanischem Wege auf Leerlauf geschaltet oder durch einen Druckregler mit elektr. Kontaktvorrichtung, der einen selbsttätigen Motor-

[1]) Abhandlung: Einrichtung und Wirtschaftlichkeit der elektrischen Antriebe neuzeitlicher Grubenventilatoren, Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Jahrgang 1915 (Band 63) 3. Heft und Sonderdruck G III 37.

anlasser betätigt, ganz still gesetzt wird. Nach Erreichung der unteren Druckgrenze arbeitet der Kompressor wieder auf das Netz und saugt die volle Luftmenge an. Großkompressoren erhalten automatisch gesteuerte Saugventile zur Regulierung zwischen Null bis Vollast, bei elektrisch angetriebenen Turbokompressoren genügt Verstellung der Drosselklappe von Hand; die Verstellung kann auch automatisch durch eine Vorrichtung, die auf konstanten Druck arbeitet, erfolgen.

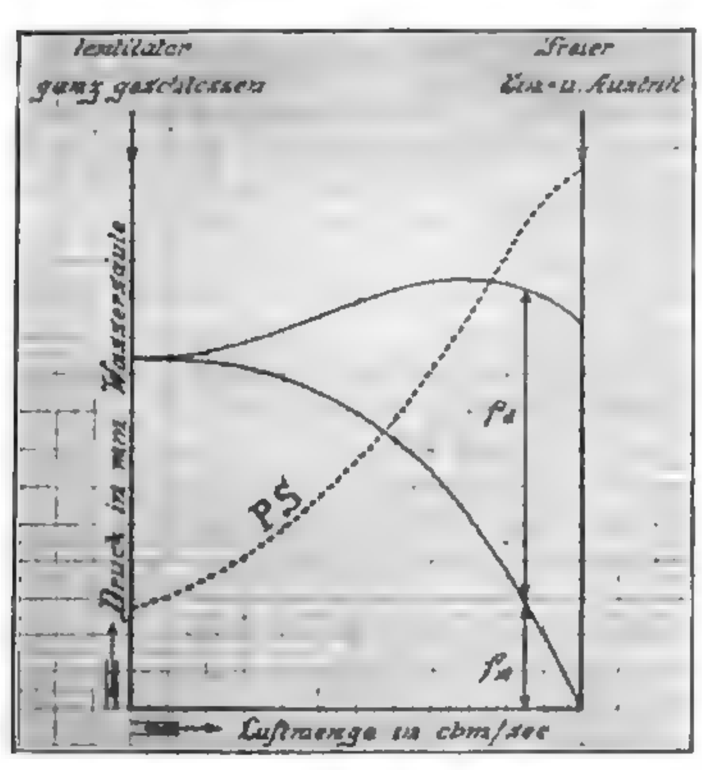


Abb. 4.
Schaulinien über die Abhängigkeit der Luftmenge und des Kraftbedarfs vom Druck.

Anwendungsgebiete. Von den mannigfachen Anwendungsgebieten seien nur hervorgehoben: Gebläse für Schmiedefeuer (Abb. 5). Für Ueberdrücke von 100—200 Millimeter Wassersäule. Es finden fast ausschließlich Schleudergebläse mit direkt gekuppeltem Elektromotor Anwendung.

Gebläse für Kupolöfen, Schleudergebläse oder Kapselgebläse, für Ueberdrücke von 400—600 Millimeter Wassersäule sind hier gebräuchlich. Schleudergebläse mit direkt gekuppeltem Elektromotor oder mit Zwischenlager und Kupplung, billiger wie Kapselgebläse; letztere liefern aber immer gleichen Luftstrom ohne Rücksicht auf evtl. erforderliche Drucksteigerung bei Düsenverstopfungen.

Gebläse für Wassergasanlagen. Da nur zum Anblasen, also aussetzende Belastung, Elektro-Schleuderradgebläse, wie vor, am vorteilhaftesten.

Gebläse für Hochöfen. Meist Gaskolbengebläse. Als Reserve elektrisch angetriebene Turbogebläse[1]) sehr vorteilhaft.

Gebläse für Stahlwerke. Entsprechend den beim Chargeblasen und Warmblasen erforderlichen Betriebsveränderungen müssen Volumen und Druck regulierbar sein. Bisher meistens Kolbengebläse angewendet[2]).



Abb. 5.
Schmiedefeuer-Gebläse mit Gleichstrommotor.

Kompressoren für Preßluftanlagen. Ueberdruck 6—8 atm., Turbokompressoren erst von etwa 5000 cbm Ansaugeleistung pro Stunde ab wirtschaftlich. Darunter Kolbenkompressoren. Elektrischer Antrieb für kleinere und mittlere Leistungen durch schnellaufende Elektromotoren und Riemenübertragung. Bei größeren Leistungen direkter Antrieb (Abb. 6). Der Rotor ist auf der Kompressorwelle aufgekeilt und enthält das für den gleichmäßigen Gang nötige Schwunggewicht.

Bei größeren Turbokompressoren Dampfturbinenantrieb am günstigsten; direkter elek-

[1]) Eingehende Beschreibung siehe: Stahl und Eisen 1916, Nummer 45 und 46.

[2]) Beschreibung: Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1920, Band 3, S. 56. Ferner: Der elektrische Antrieb von Stahlwerksgebläsen, Zeitschrift Stahl und Eisen 1920, Nr. 23, hiervon Sonderabdruck G. III. 45.

trischer Antrieb mit 3000 tourigen Motoren erst von etwa 15 000 cbm Ansaugeleistung angebracht, darunter vorteilhaft 1500 tourige Motoren und Zahnradantrieb.

Kraftbedarf. Für Schleuderradgebläse und Drücke bis 2000 mm Wassersäule kann die bei Ventilatoren gegebene Formel benutzt werden. Sie gilt für Luft und andere Gase. Der Wirkungsgrad ist etwas niedriger einzusetzen. Für höhere Drücke ist der Arbeitsbedarf nach den für Kompressoren gültigen Formeln bzw. Tafeln des theoretischen Leistungsbedarfes zu errechnen, wobei allgemein die Einführung des isothermischen Wirkungsgrades anzustreben ist.

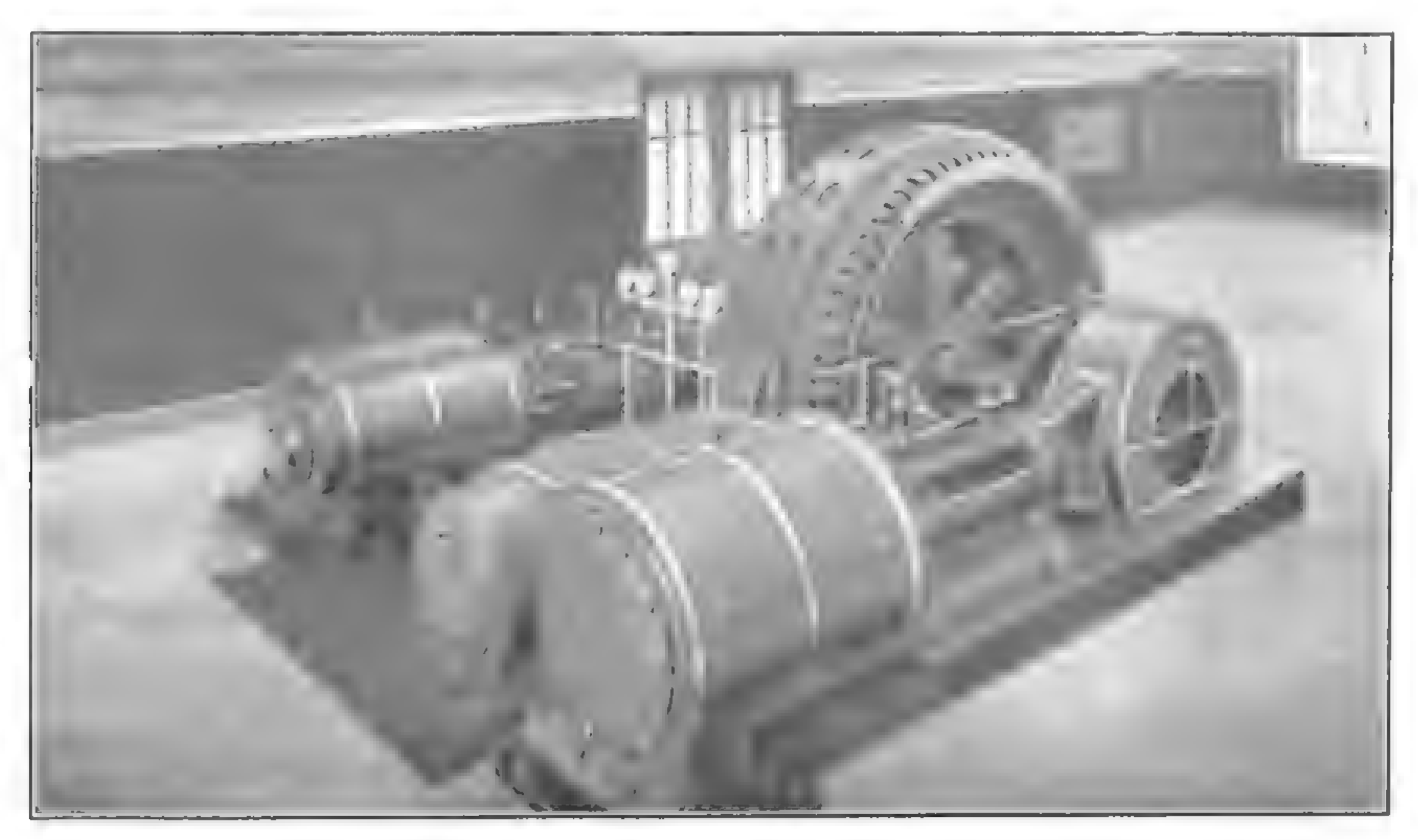


Abb. 6.
Kompressor für 4000 cbm/Std., 6 Atm., angetrieben durch Drehstrommotor von 420 PS., 125 Umdr./Min.

Textilmaschinen.

Spinnereimaschinen für Baumwolle.

Der Kraftbedarf der **Oeffner und Schlagmaschinen** (Abb. 1) schwankt zwischen etwa 3 bis 7 PS bei Umdrehungszahlen von etwa 900 bis 1400 pro Minute, derjenigen der kombinierten Oeffner zwischen 9—10 PS. Antrieb durch Spezial-Kurzschlußankermotoren mittels Riemen oder, falls zulässig, direkter Kupplung.

Der Kraftbedarf der **Karden** ist etwa 1—1,2 PS bei ca. 160 bis 180 Umdrehungen der Trommelwelle. Da die Karden sehr wenig abgestellt werden, für den Einzelantrieb auch sehr wenig Platz vorhanden ist und der erstere daher die Bedienung erschweren würde, kommt fast ausschließlich Gruppenantrieb durch möglichst mit der Transmissionswelle gekuppeltem Drehstrommotor mit Anlaßschleifringanker zur Verwendung.

Der Kraftbedarf von **Strecken** richtet sich nach der Anzahl der Köpfe und Ablieferungen. Einzelantrieb mittels geschlossenen Kurz-

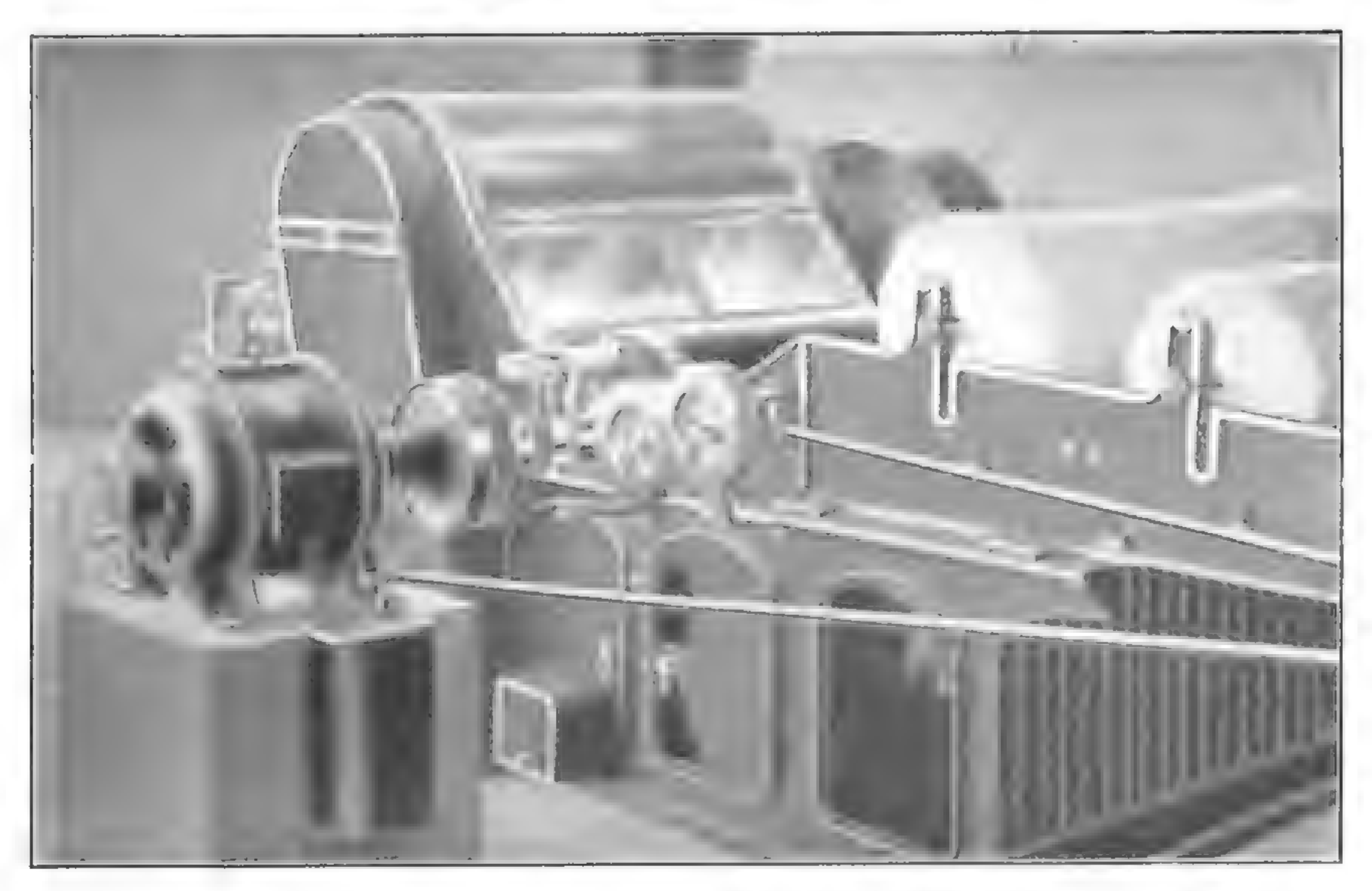


Abb. 1.
Batteur, angetrieben durch einen direkt mit der Schlägerwelle gekuppelten Drehstrommotor.

schlußankermotoren entweder auf die für die einzelnen Köpfe gemeinsame Welle mittels Zahnrädern (s. Abb. 2) oder Antrieb jedes Kopfes für sich durch gleiche Motorenart mittels Zahnrad oder Riemen. In letzterem Falle wird der Motor auf einer Riemenschwinge montiert. Elektrische Abstellung der Strecke bei Bruch eines Bandes erforderlich.

Der Kraftverbrauch der **Fleyer** ist verschieden je nach Art des Fleyers (Grob-, Mittel-, Fein-, Extrafeinfleyer) und nach Spindelanzahl und Spindeltourenzahl. Er schwankt zwischen etwa 1,5 und 4 PS. Die Fleyer erfordern sanften Anlauf des Motors zwecks Vermeidung von Fadenbrüchen. Antrieb durch hierfür ausgebildete Spezial-Kurzschlußankermotoren, deren Steuerung in der beim bisherigen Transmissionsantrieb üblichen Weise vom Ausrückgestänge aus erfolgt (Abb. 3). Schalter wegen der äußerst forcierten Beanspruchung als kräftiger Kontrollerschalter ausgebildet.

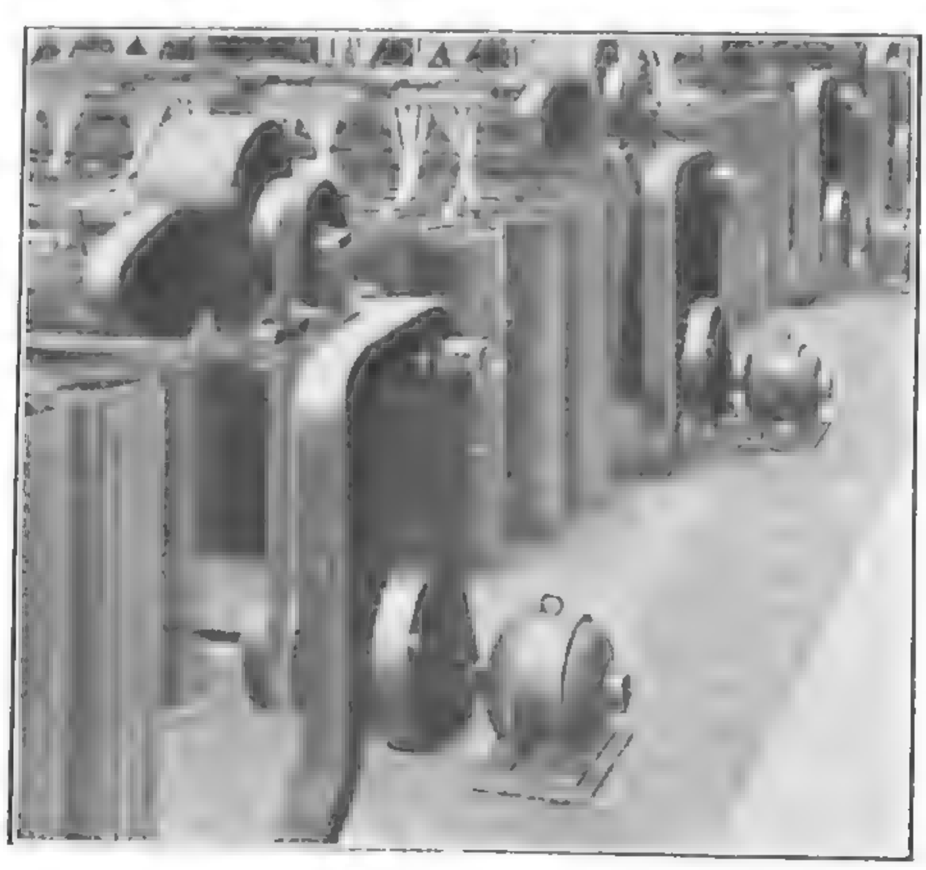


Abb. 2.
Strecken, mittels Zahnrades angetrieben durch je einen am Ende der Strecke auf dem Boden stehenden Drehstrommotor.

Der Kraftbedarf von **Ringspinnmaschinen** schwankt etwa zwischen 3 bis 12 PS je nach Fabrikat, Spindelzahl, Spindeltourenzahl und Garnnummer.

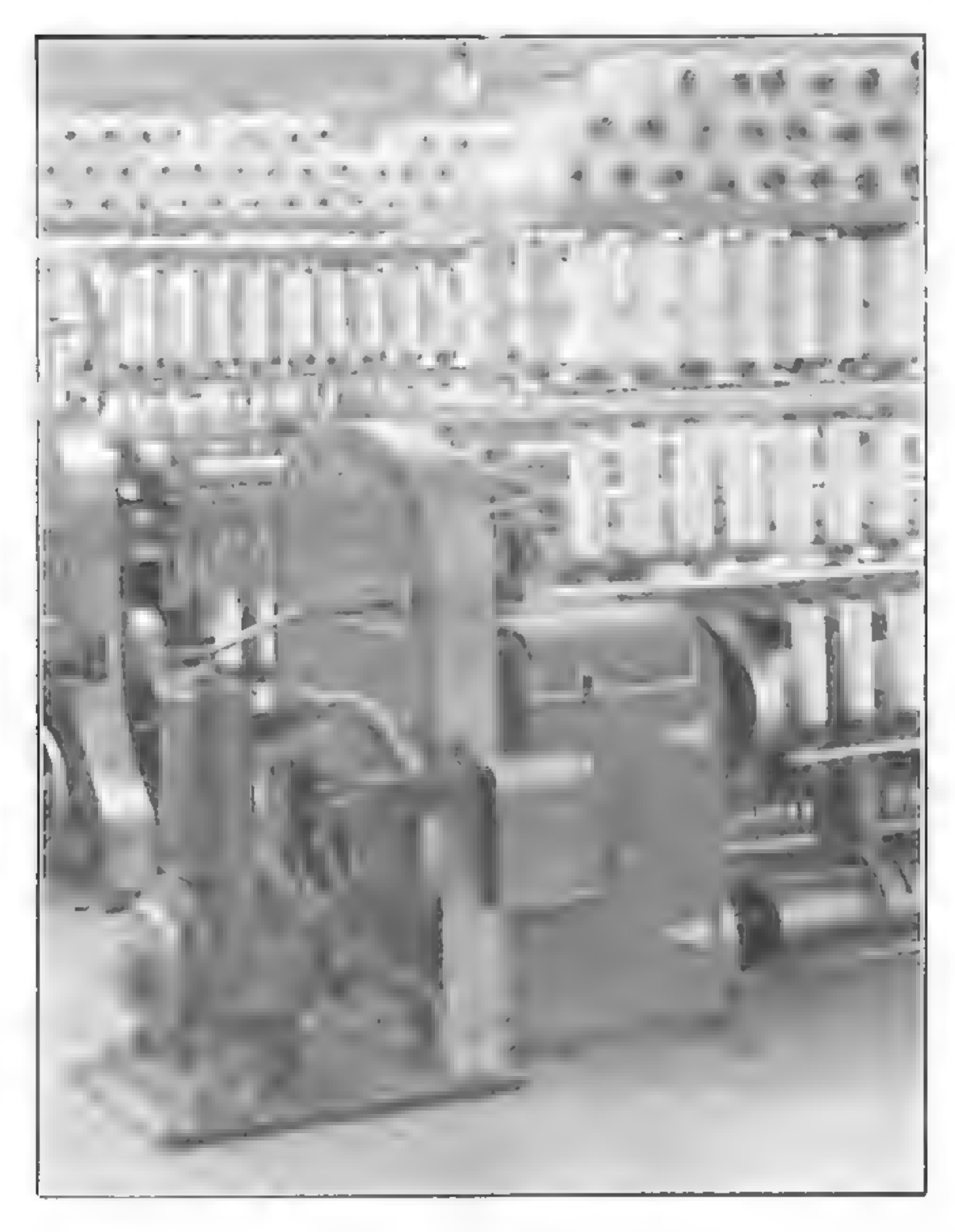


Abb. 3.
Fleyer, Antrieb durch vollkommen geschlossene Spezial-Drehstrommotoren für sanften Anlauf. Der geschlossene, in Kontrollerform ausgebildete Schalter ist auf Angüssen am Motorgehäuse befestigt und wird vom Ausrückgestänge des Fleyers betätigt.

Einzelantrieb entweder durch polumschaltbare Spezial-Kurzschlußankermotoren (Abb. 4) mit zwei oder drei Tourenzahlen oder in besonderen Fällen zwecks Erzielung höchster Produktion durch automatisch von der Spinnmaschine regulierte Drehstrom-Kollektormotoren mit Regulierung durch Bürstenverschiebung. Motoren je nach örtlichen Verhältnissen mit Wasser- oder Luftkühlung, für Zahnradantrieb oder für direkte Kupplung mit der Trommelwelle. Für **Ring-Zwirnmaschinen** gilt dasselbe, nur der Kraftbedarf ist höher.

Das Charakteristische von **Selfaktoren** ist der stark schwankende Kraftverbrauch von etwa 2—30 PS während einer Spinnperiode, d. h. während einer Wagenein- und Ausfahrt. Infolgedessen entweder zum Ausgleich dieser Kraftschwankungen Gruppenantrieb durch einen für den etwa mittleren Kraftverbrauch der Selfaktoren bemessenen Schleifringmotor oder Einzelantrieb



Abb. 4.
Ringspinnmaschinen, Antrieb durch direkt gekuppelte vollkommen geschlossene Drehstrommotoren mit Polumschaltung, für 950 und 720 Umdrehungen i. d. M. Für die Zu- und Abführung der Kühlluft ist je ein gemauerter Kanal unter den Motoren entlang geführt.

durch einen mit einem Schwungrad ausgerüsteten Schleifring- oder Kurzschlußmotor, wodurch ebenfalls die Verwendung eines etwa der mittleren Leistung entsprechenden Motors ermöglicht, sowie ferner ein gleichmäßiger Lauf des Selfaktors erzielt wird.

Webereimaschinen.

Der Kraftbedarf der **Vorbereitungsmaschinen** (Spul-, Bäum-, Schlichtmaschinen) schwankt zwischen etwa 0,5—4 PS. Antrieb durch Kurzschlußankermotoren 1000 und 1500 Umdrehungen in der Minute mittels Riemen-, Kettenrad-Zahnradübersetzung.

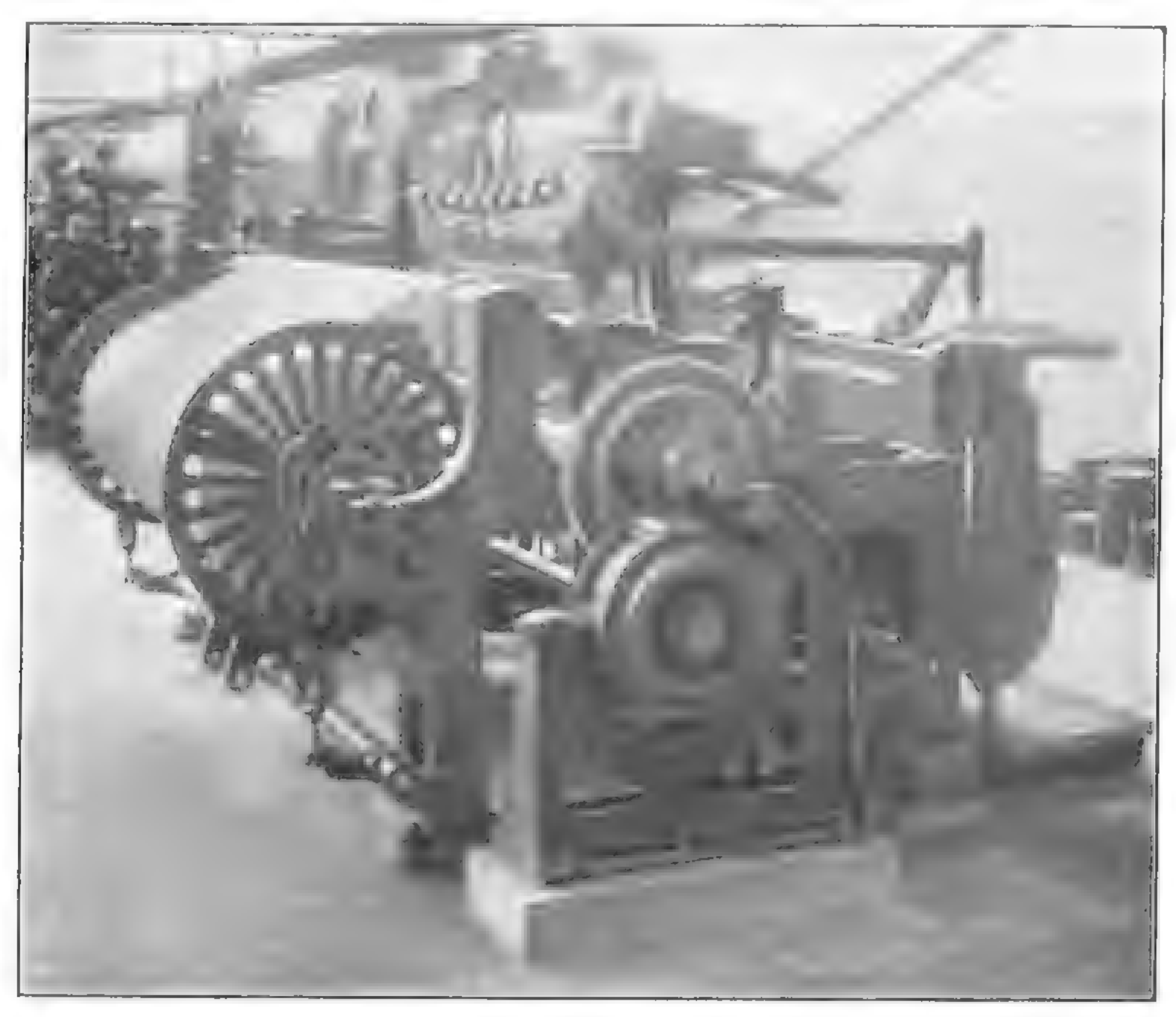


Abb. 5.
Webstuhl, Zahnradantrieb eines schweren Jutewebstuhles durch einen Spezial-Webstuhlmotor. Das auf der Webstuhlwelle sitzende große Zahnrad ist als Gleitkupplung ausgebildet.

Der Kraftbedarf von **Webstühlen** ist verschieden je nach Fabrikat, verarbeitetem Material, Blattbreite, Schußzahl usw. Leistungen 0,2—3 PS. Antrieb durch Spezial-Webstuhlmotoren (Drehstrommotoren mit Kurzschlußanker) mit in der Regel 1000 Umdrehungen (theor.), und zwar:

a) mittels Riemen, sofern aus besonderen Gründen (Raumverhältnisse, Anlagekosten usw.) der vorteilhaftere Zahnradantrieb nicht in Frage kommt. Motor auf einer Riemenschwinge montiert.
b) mittels Zahnradübersetzung. Diese Antriebsweise ist trotz höherer Anlagekosten vorteilhafter, weil sie einen gleichmäßigeren Lauf, hierdurch ein besseres Gewebe, ferner eine Erhöhung der

Schußzahl, also der Produktion, sowie eine Verringerung des Kraftverbrauches ermöglicht. Der Motor wird in einem stabilen, frei vom Webstuhl aufgestellten Motorbock mit leicht einstellbarem Webstuhlwellen-Lager montiert und treibt über eine Gleitkupplung auf die Webstuhlwelle (Abb. 5).

Letztere Kupplung ist erforderlich, um Brüche an den Zahnrädern und an Webstuhlteilen zu vermeiden. (Vergl. hierüber Näheres in der Druckschrift G. IV 1016.)

Zeugdruckereien.

Die Zeugdruckmaschinen zum Bedrucken von Geweben mit farbigen Mustern erfordern weitgehende Regulierung der Umdrehungszahl je nach der Farbwalzenzahl, Beschaffenheit des Musters, Geschicklichkeit des Druckers usw. Für das Einstellen der Farben, sowie für die Reinigung der Maschinen sind ferner sehr niedrige Geschwindigkeiten bis $^{1}/_{10}$ der maximalen erforderlich. Infolgedessen eignet sich für Antrieb dieser Maschinen namentlich das Gleichstrom-System, und zwar kommen für geringere Regulierbereiche Nebenschlußmotoren mit teilweiser Feld- und teilweiser Ankerregulierung, für größere Regulierbereiche und größere Anzahl von Antrieben das sogenannte Fünfleiter-System zur Verwendung.

Bei letzterem System wird eine Primäranlage (Ausgleichsaggregat) mit 4 verschiedenen Spannungen aufgestellt, durch deren Kombination 9 verschiedene Spannungen erzielt werden, an welche der Antriebsmotor bei der Regulierung gelegt wird. Bei vorhandenem Drehstrom wird also entweder eine Umformung in Gleichstrom vorgenommen oder es können auch bei nicht zu weitgehender Regulierung nach unten Drehstrom-Kollektormotoren mit Regulierung durch Statoranzapfungen gewählt werden. In manchen Fällen kommt endlich auch das Reguliersystem mit Haupt- und Hilfsmotor (letzterer für das Einstellen der Farbe, Reinigung usw.) in Verbindung mit einer Ueberholungskupplung in Frage. Vergl. hierüber das über Antrieb von Rotations-Druckmaschinen Gesagte.

Der Kraftbedarf der Zeugdruckmaschinen schwankt je nach Anzahl der Farbwalzen und der Druckgeschwindigkeit zwischen 7—50 PS. Näheres hierüber lt. Broschüre G. IV 1003.

Papiermaschinen.

Die Strom-Erzeugung für Papierfabriken erfolgt zweckmäßig in eigener Zentrale, da für die Trockenzylinder der Papiermaschine usw. erhebliche Dampfmengen, und zwar für Druckpapiere ca. 2 kg Dampf pro kg und für Feinpapiere ca. 3 kg Dampf pro kg und für Packpapiere ca. 4 kg Dampf pro kg fertiggestelltes Papier benötigt werden. Am empfehlenswertesten ist die Aufstellung von Anzapf-Dampfturbinen mit entsprechenden Anzapfungen für 2—3 Atm. Von den Antrieben sind nur 25—35 % für stark veränderliche Umlaufszahlen. Man wählt daher meist Drehstrom, von welchem ein Teil durch besondere Umformer in Gleichstrom umgeformt wird.

Die kleineren **Schleifer** mit Riemenantrieb verschwinden mehr und mehr, da die Großkraftschleifer höhere Rentabilität besitzen. Diese werden mit Drehstrommotoren direkt gekuppelt derart, daß auf jeder Seite des Motors ein Schleifer zu stehen kommt. Anlasser für Anlauf

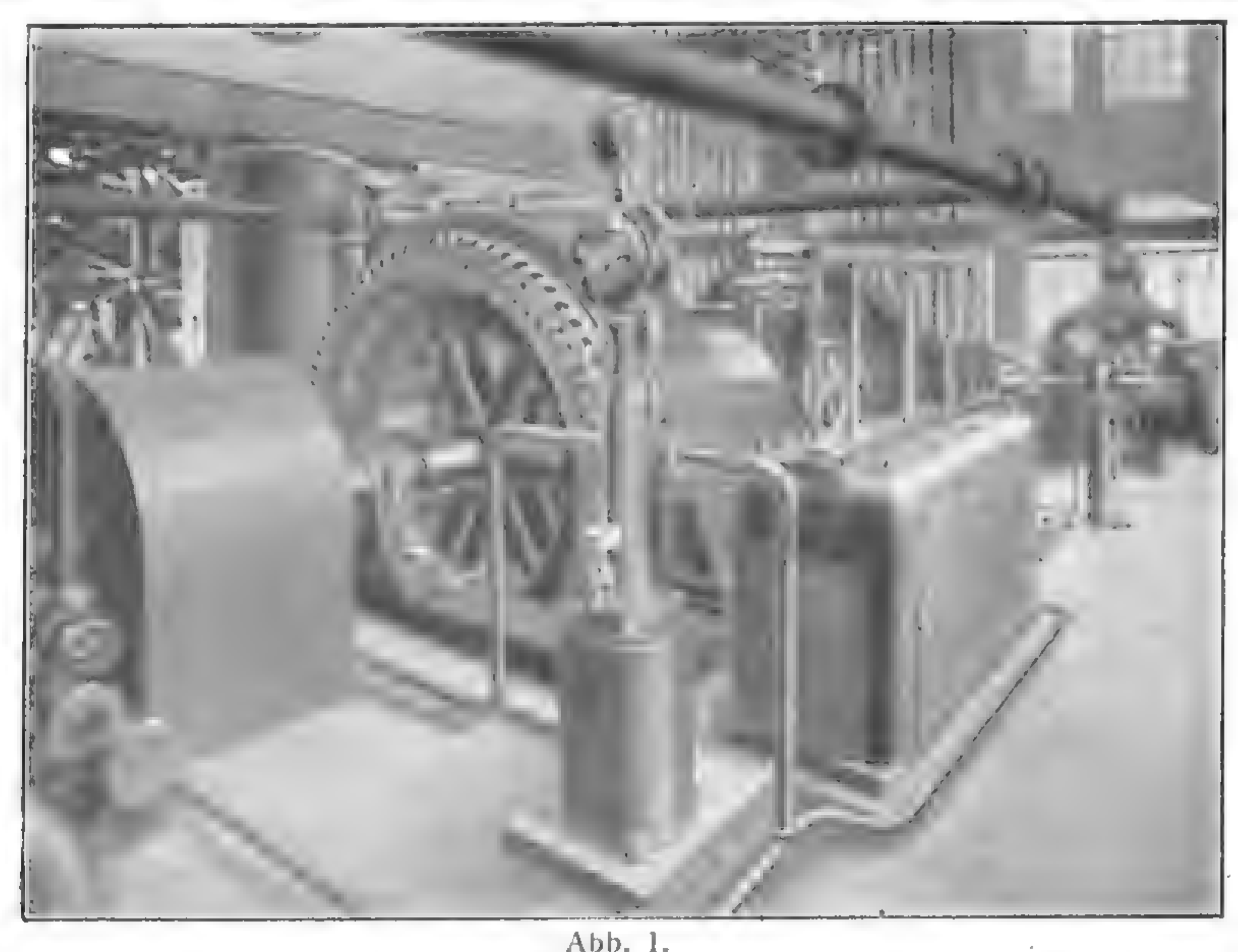


Abb. 1.
Antrieb zweier Magazinschleifer durch einen Drehstrommotor von 1250 PS 245 Umdrehungen p. Min., 3000 Volt Drehstrom.

mit $^1/_2$—$^3/_4$ Last. Neuerdings werden vielfach Magazinschleifer mit Steindurchmessern von ca. 1 m und ca. 245 Umdrehungen pro Minute verwendet, deren Kraftbedarf zwischen 800 und 1000 PS schwankt, so daß der Motor für eine Leistung von 1600 bis zu 2000 PS bemessen sein muß.

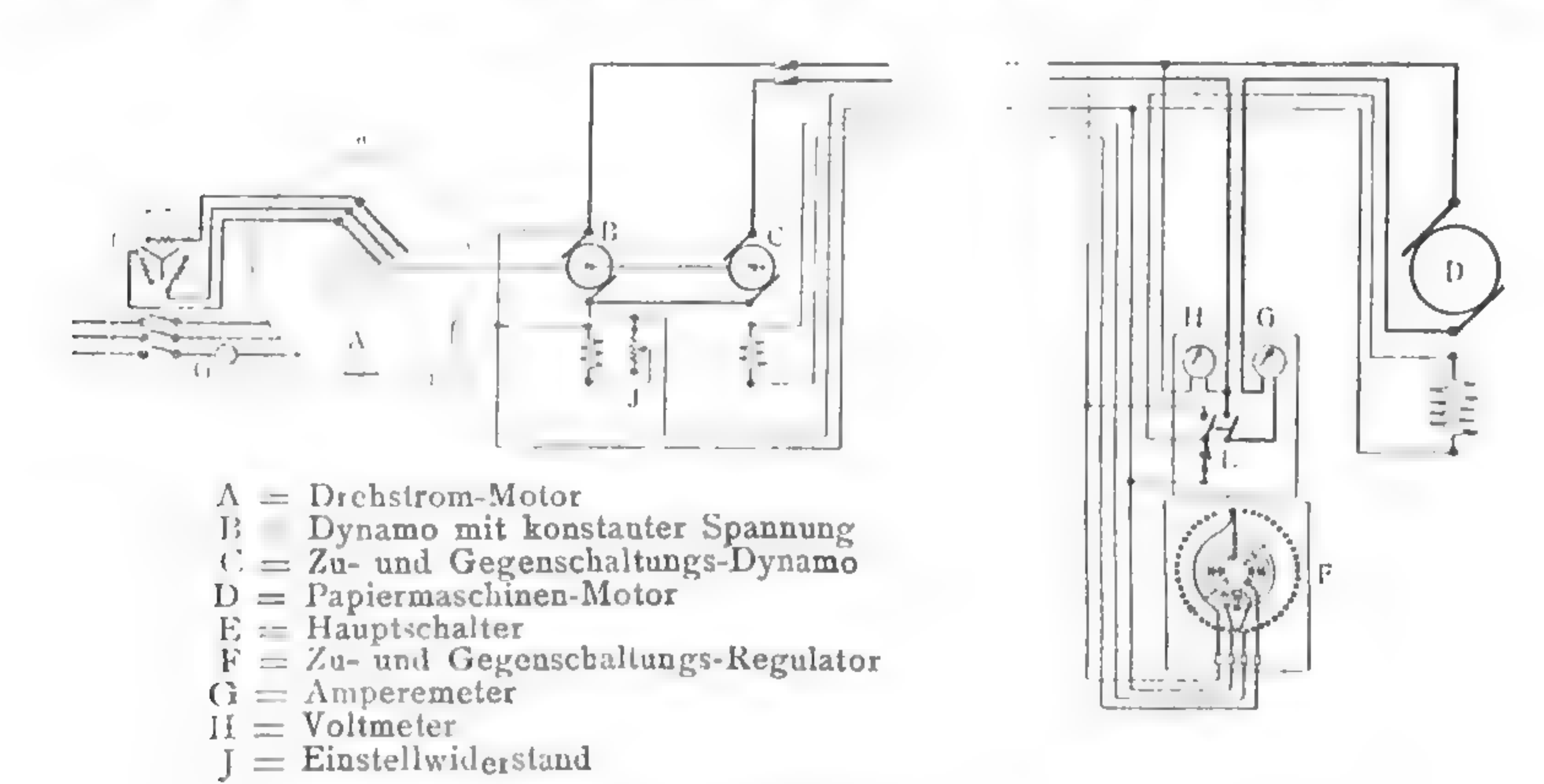


Abb. 2.
Schema der Zu- und Gegenschaltung beim Antrieb von Papiermaschinen

Um beim Wechsel der Pressen Stöße zu vermeiden, wird durch einen von der Stromaufnahme des Motors abhängigen elektrischen Regulator das Druckwasser der Pressen reguliert.

Holländer werden mittels Riemen möglichst in Einzelantrieb betrieben, da dann Energiekontrolle während des Mahlens und damit genaue Einstellung der Mahlwalze leicht möglich ist. Kraftbedarf 40 bis 125 PS. Anlasser für Vollast.

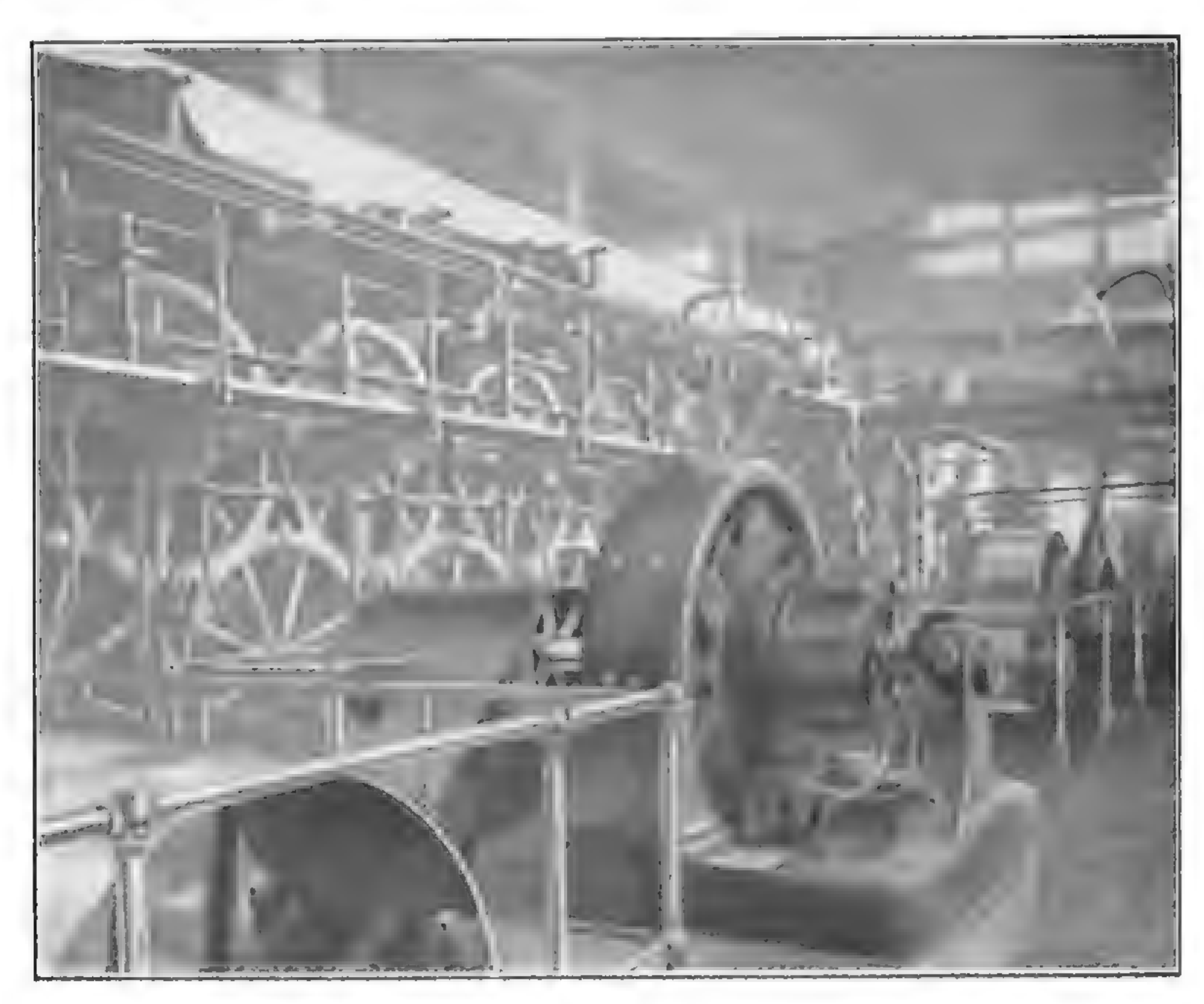


Abb. 3.
Papiermaschinenmotor von 300 PS.

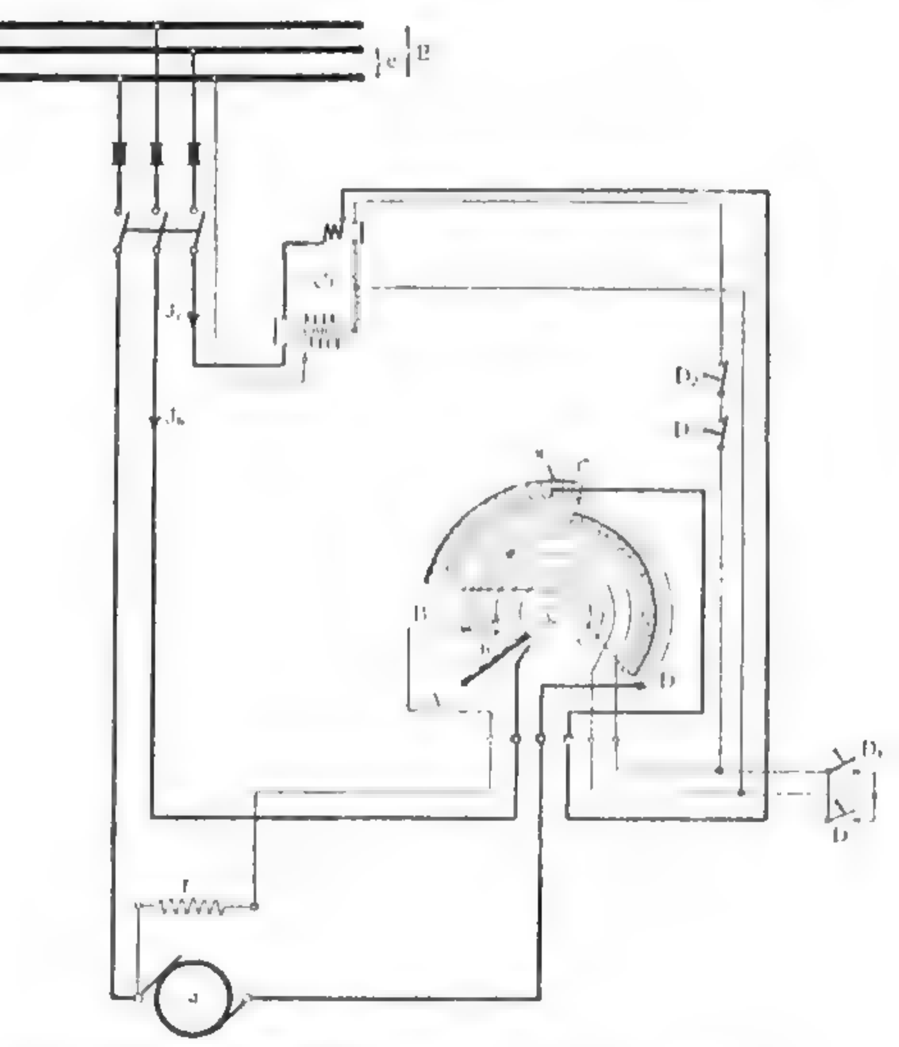
Die Tourenzahl des Antriebsmotors von **Papiermaschinen** muß mit Rücksicht auf Papierart und Papiergewicht veränderlich sein. Regulierbereiche von 1 : 3 bis 1 : 15. Die einmal eingestellte Tourenzahl muß möglichst unabhängig von Aenderungen im Leitungsnetz und von Belastungsstößen eingehalten werden. Kraftbedarf zwischen 40 und 500 PS. Am vorteilhaftesten ist die Zu- und Gegenschaltung nach vorstehendem Schema (Abb. 2).

Der meistens vorhandene Drehstrom wird hierbei einem Drehstrommotor zugeführt, der auf der einen Seite mit einer Gleichstrom-Dynamo für konstante Spannung, auf der anderen Seite mit einer solchen für eine zwischen —220 und +220 Volt veränderliche Spannung gekuppelt ist. Durch Gegenschaltung oder Zuschaltung der letzteren Maschine zu der ersteren wird dann durch einen Regulator die Spannung zwischen 0 und 440 Volt reguliert. Zwecks Konstanthaltung der Tourenzahl sind beide Maschinen mit Compoundwicklung versehen und die

konstante Maschine erhält an Stelle des Regulators einen Eisendrahtwiderstand mit positiven Temperatur-Koeffizienten[1]).

Kraftbedarf von **Kalandern** 30 bis 125 PS Geschwindigkeit je nach Art des Papiers 50—180 m in der Minute.

Zum Einziehen des Papiers ca. $^1/_{10}$—$^1/_{15}$ der normalen Kalandriergeschwindigkeit erforderlich. Kalandriergeschwindigkeit selbst im Verhältnis ca. 1 : 2 veränderlich. Antriebe durch Gleichstrom mittels Zu- und Gegenschaltung, Leonardschaltung und, wenn mehrere Kalander vorhanden, am besten Hilfsspannungs - System. Motoranker wird hierbei zum Einziehen des Papieres an eine niedrige Spannung gelegt und nach dem Einziehen auf die Hauptspannung umgeschaltet. Die Kalandriergeschwindigkeit wird dann durch Nebenschlußregulierung geändert. Bedienung erfolgt unabhängig vom Personal durch eine Anlasserkurbel. Schnelle Stillsetzung durch Druckknöpfe möglichst unter Anwendung von Anker-Kurzschlußbremsung erforderlich.



A = Ausschaltestellung
B = Stellung für das Einziehen des Papiers.
B—C = Umschalten und Anlassen auf höhere Spannung
C—D = Nebenschlußregulierung für das Kalandrieren
E = Hauptspannung
e = Hilfsspannung
a = Anker des Motors
f = Feld des Motors
sch = Schütz
D. 1, D. 2 = Druckknöpfe
h = Hilfskontakt
x = Anschluß zur evtl. Einstellung des Anzugs-Moments

Abb. 4.
Schema des AEG-Hilfsspannungs-Kalandersystems.

Wenn nur ein Kalander und Drehstrom vorhanden, dann Verwendung von Drehstrom - Asynchronmotoren mit kleinem Hilfsmotor zum Einführen des Papiers, der über Reduziervorgelege und Ueberholungskupplung auf die Welle des Hauptmotors arbeitet. Näheres siehe Rotationsmaschinen[2]).

Kraftbedarf von **Rollmaschinen,** 15—40 PS Rollgeschwindigkeiten 100 bis 300 m pro Minute. Arbeitsbedingungen ähnlich wie Kalander. Für Hilfsarbeiten ca. $^1/_{20}$ der höchsten Umlaufszahl erforderlich. Arbeitsgeschwindigkeit selbst regulierbar 1 : 3. Antrieb wie Kalander.

Kraftbedarf von **Querschneidemaschinen** bis 15 PS, Regulierung der Umlaufszahl 1 : 2. Verwendung von nebenschlußregulierbaren Maschinen.

[1]) Siehe „elektrische Antriebe in Fabriken der Papierindustrie." G. 4/1006.
[2]) Siehe „Kalanderantriebe" von P. Weiske. Wochenblatt für Papierfabrikation Heft 44/1912.

Druckereimaschinen.

Kraftbedarf von **Tiegeldruckpressen,** $^1/_4$ bis $^3/_4$ PS. Von **Zylinder-Schnellpressen,** 1 bis 5 PS. Erforderliche Regulierung der Umlaufszahl 50%, Riemenantrieb auf das Schwungrad, meist mit Spannrolle bei großem Uebersetzungsverhältnis. Beim Zurichten der Presse sehr häufiges Ein- und Ausschalten, daher besondere robuste Spezial-Regulieranlasser. Sie sind mit der vorhandenen Bremsvorrichtung zu verriegeln, um Bremsen beim eingeschalteten Motor zu verhindern (Abb. 1).

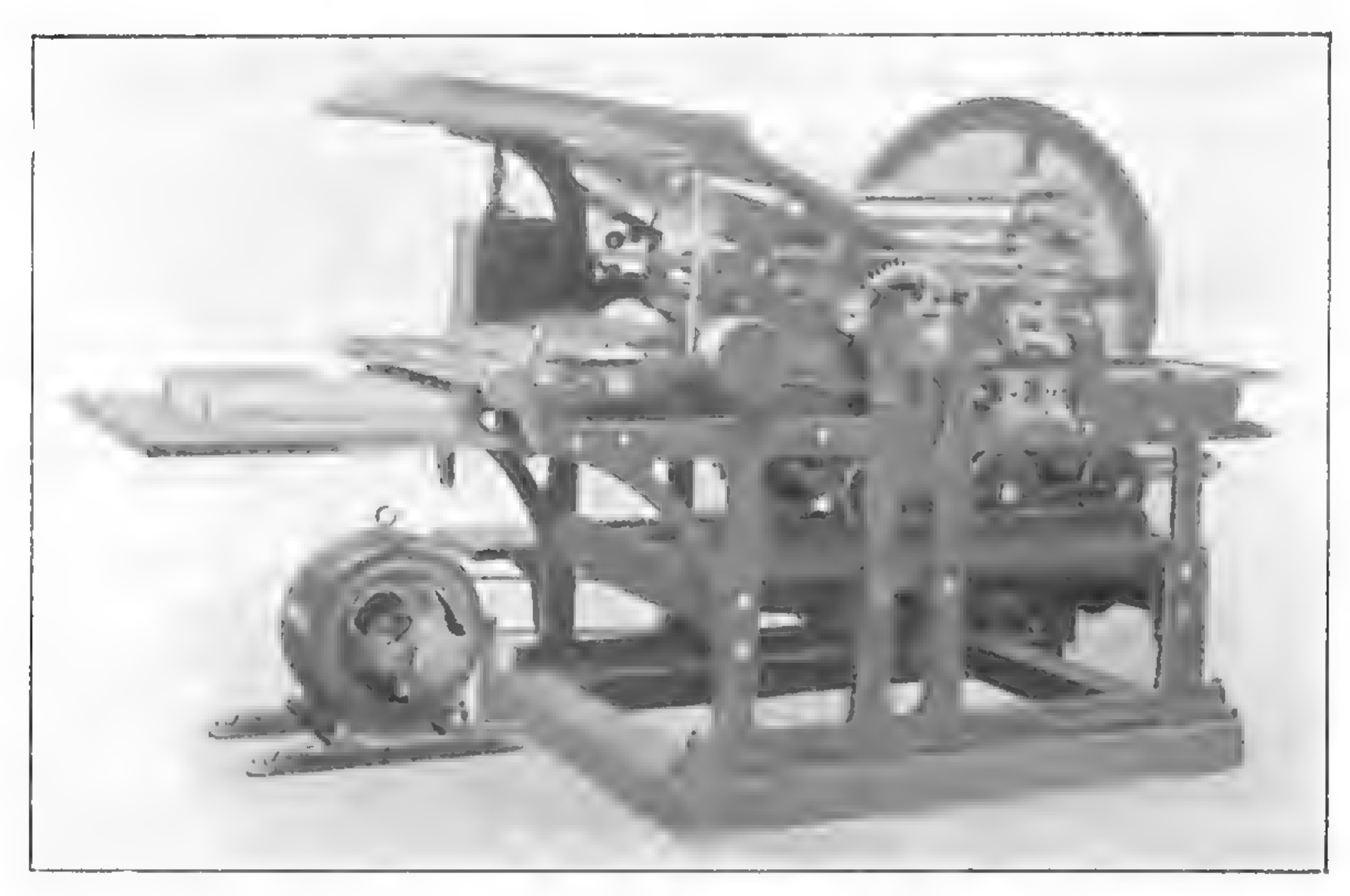


Abb. 1.
Zylinderschnellpresse mit 1 PS Gleichstrommotor.

Rotationsmaschinen benötigen je nach Zahl der gleichzeitig laufenden Papierrollen 1, 2 oder 3 Antriebe für jede Maschine, welche sowohl einzeln als auch zusammen direkt gekuppelt arbeiten müssen. Zum Zurichten, d. h. Einstellen der Farbe und Druckzylinder, Einziehen des Papiers usw. muß die Maschine mit ca. $^1/_{40}$—$^1/_{50}$ der normalen Druckgeschwindigkeit laufen, hierzu Hilfsmotoren von ca. $^3/_4$—$1^1/_2$ PS, welche über ein Reduziervorgelege und eine Ueberholungskupplung auf den Hauptmotor arbeiten. Betätigung des Hilfsmotors durch Druckknöpfe von verschiedenen Stellen der Presse. Die gesamte Steuerung und Regulierung für Haupt-, Hilfsmotor und elektrische Bremse zum schnellen Stillsetzen von einem Schaltwalzenanlasser aus. Die Ueberholungskupplung entkuppelt mechanisch Reduziervorgelege und Hilfsmotor, wenn der zugeschaltete Hauptmotor eine größere Relativgeschwindigkeit erreicht und damit den Antrieb der Maschine übernommen hat.

Für mehrteilige Maschinen mit 2 oder 3 Antrieben müssen, um gleichmäßige Verteilung der Last auf die Motoren zu erhalten, die

letzteren genau gleiche Charakteristik bzw. bei Gleichstrom Compoundwicklung erhalten.

Der Antrieb selbst erfolgt stets mittels Zahnräder. Leistung der erforderlichen Hauptmotoren zwischen 15—35 PS.

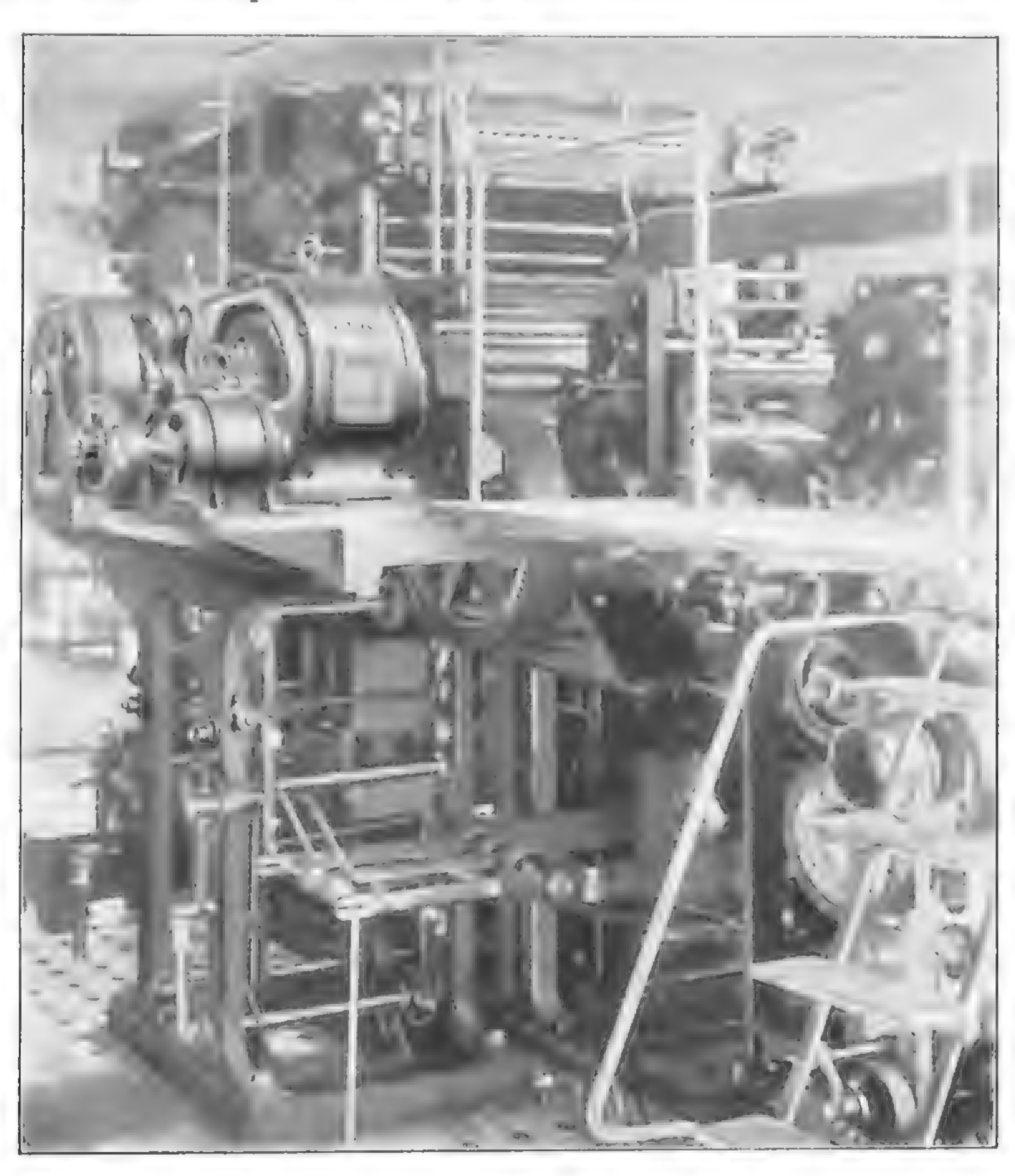


Abb. 2.
Antrieb einer Vierrollen-Rotationsmaschine durch zwei Drehstrom-Hauptmotoren von je 25 PS, 50% Rotorregulierung, und durch zwei Hilfsmotoren mit Kurzschlußanker von je 3 PS zum Einrichten der Presse und zum Einziehen des Papiers. Die Steuerung der Hilfsmotoren erfolgt mittels Druckknöpfe von verschiedenen Stellen der Maschine aus, während die Bedienung der Hauptmotoren durch Doppelschaltwalzenanlasser geschieht.

Kraftbedarf von **Setzmaschinen,** $^1/_4$ bis $^1/_2$ PS. Sehr langsam laufende Spezialmotoren für Gleichstrom und Drehstrom, für Umlaufszahlen zwischen 300 und 400 pro Minute. Antrieb mittels Riemen.

Zentrifugen.

Für die Größenbestimmung der Zentrifugenmotoren ist maßgebend: Gewicht der zu beschleunigenden Massen, Anlaufzeit, Betriebsdauer bei voller Umdrehungszahl und Chargenzahl in der Stunde. Die Motorengröße findet ihre untere Grenze in der Erwärmung durch den Betriebsstrom.

Die **Erwärmung** wird ausgedrückt durch die Formel:

$$(J_1^2 \cdot t_1 + J_2^2 \cdot t_2) \times \text{Chargenzahl.}$$

Hieraus ergibt sich die mittlere Stromaufnahme des Motors

$$J = \sqrt{\frac{(J_1^2 \cdot t_1 + J_2^2 \cdot t_2) \times \text{Chargenzahl}}{60}}$$

Da bei Gleichstrommotoren und Drehstrommotoren mit Schleifringanker die Stromaufnahme J ungefähr der Leistung L proportional ist, so kann statt der Stromstärke auch die Leistung eingesetzt werden, so daß die Formel dann lautet:

$$L = \sqrt{\frac{(L_1^2 \cdot t_1 + L_2^2 \cdot t_2) \times \text{Chargenzahl}}{60}}$$

Die Größe des Motors ist dann so zu wählen, daß der Strom J dauernd aufgenommen bzw. die Leistung L dauernd abgegeben werden kann.

In vorstehenden Formeln bedeuten:

L = mittlere Stundenleistung in kW,
L_1 = Anlaufsleistung in kW,
L_2 = Leistung in kW bei voller Umdrehungszahl,
J = mittlere Stromaufnahme in Amp.,
J_1 = Anlaufsstrom in Amp.,
J_2 = Betriebsstrom in Amp. bei voller Umdrehungszahl,
t_1 = Anlaufszeit in Min.,
t_2 = Betriebszeit in Min. bei voller Umdrehungszahl.

Betriebsstrom: Gleichstrom oder Drehstrom.

Motorart: Für Zentrifugenantriebe kommen in Frage:

1. Kurzschlußankermotoren;
2. Regulierschleifringanker-Motoren mit festem Schlupfwiderstand;
3. Regulierschleifringanker-Motoren mit Anlasser.

Kurzschlußankermotoren sind am Platze bei kleineren Zentrifugen mit einem Gesamtschwungmoment bis 1200 kgm², über 4 Chargen pro Stunde und kurzer

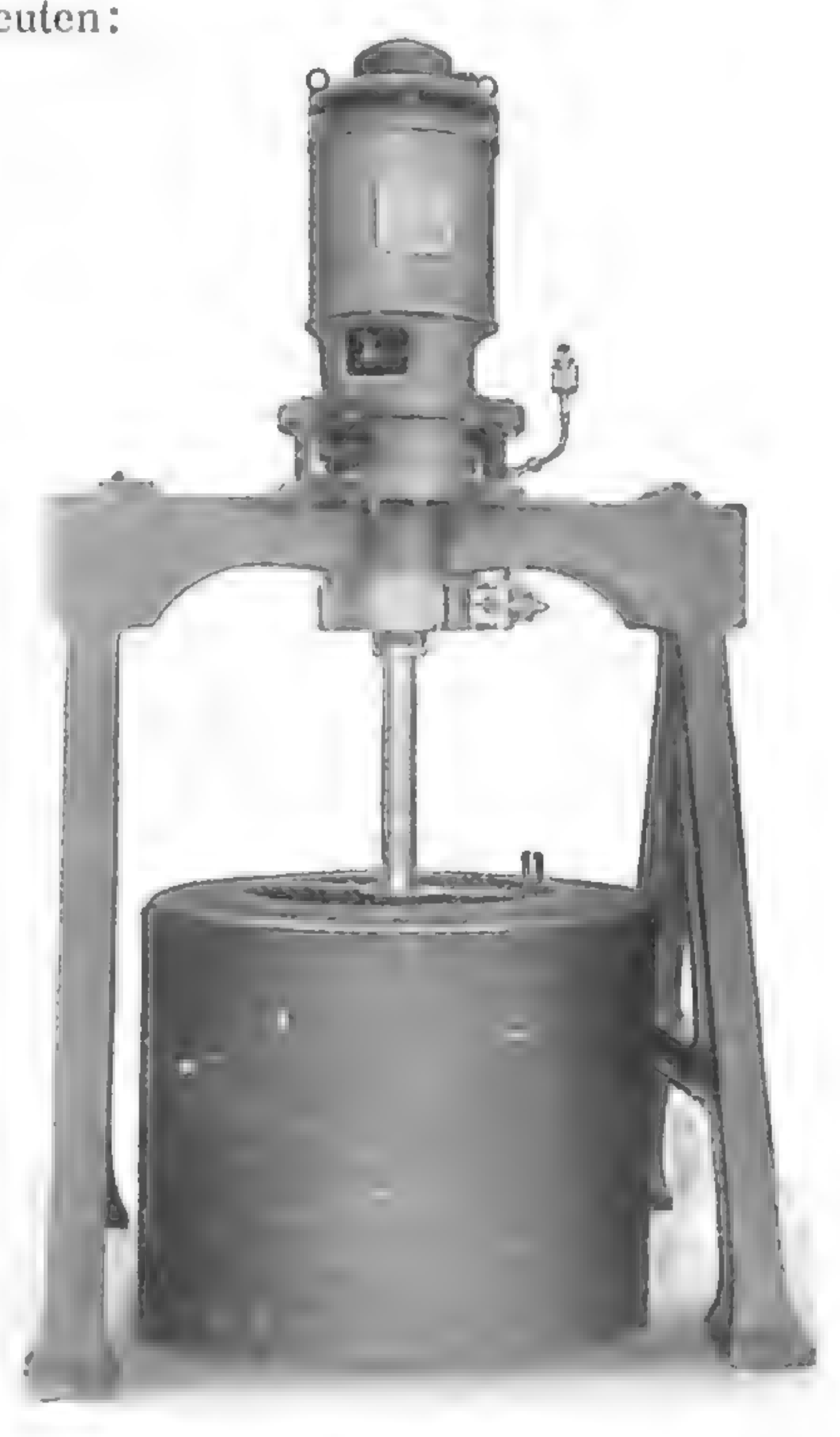


Abb. 1. Hängende Zentrifuge.

Anlaufszeit z. B. für normale Rohzucker- und Pilé-Zentrifugen, Zentrifugen in chemischen und Sprengstoff-Fabriken sowie Wäschereien.

Schleifringanker-Motoren mit festem Schlupfwiderstand sind am Platze für Zentrifugen wie vor, jedoch mit weniger als 4 Chargen in der Stunde und dementsprechend längerer Anlaufszeit.

Schleifringanker-Motoren mit Anlasser sind am Platze für große Zentrifugen mit einem Schwungmoment über 1200 kgm^2 und geringer Chargenzahl, z. B. für Brode-Zentrifugen.

Antrieb der Zentrifugen am besten durch direkte Kupplung, Riemenantrieb ist veraltet, da großer Raumbedarf, größerer Riemenverschleiß u. geringere Betriebssicherheit.

Die Art der Kupplung ist abhängig von der Zentrifugenbauart. Bei hängenden Zentrifugen (Weston-Zentrifugen) (Abb. 1) steht der Motor auf der Quertraverse der Zentrifuge. Die Verbindung erfolgt mittels Zentrifugal-Lederringkupplung. Bei stehenden Zentrifugen (Abb. 2) ist der Motor auf der Zentrifugenwelle aufgebracht.



Abb. 2.
Stehende Zentrifuge.

Bauart des Motors ventiliert geschützt mit Feuchtigkeitsschutz. Umdrehungszahl je nach dem Durchmesser der Zentrifugentrommel zwischen 500 und 1000.

Zur Berechnung des Motors werden benötigt:

1. Stromart und Spannung.
2. Umdrehungszahl bei vollem Betrieb.
3. Anlaufszeit.
4. Chargenzahl.
5. Gesamtschwungmoment der gefüllten Trommel.

Elektrische Schweißmaschinen.

Allgemeines: Man unterscheidet zwei Hauptgruppen: Widerstandsschweißung und Lichtbogenschweißung.

Vorzüge: Die Wärme wird, im Gegensatz zu allen anderen Schweißverfahren nicht von außen nach innen übertragen, so daß erhebliche Wärmeverluste auftreten, sondern der elektrische Strom wird unmittelbar zur Schweißstelle geleitet und erzeugt hier örtlich die Schweiß-Wärme gewissermaßen von innen heraus, also beinahe verlustlos.

A. Widerstandsschweißung.

Stromart: Fast ausschließlich Wechselstrom.

Konstruktionsprinzip: Der innere und Uebergangswiderstand des Schweißgutes selbst wird zur Umwandlung der elektrischen Energie in Wärme benutzt. Die Stromstärken müssen außergewöhnlich hoch sein und gehen oft in die Größenordnung von 100000 Amp., die Spannungen hierzu sind aber niedrig und schwanken zwischen 0,5—20 Volt, je nach Größe und Art des Schweißstückes.

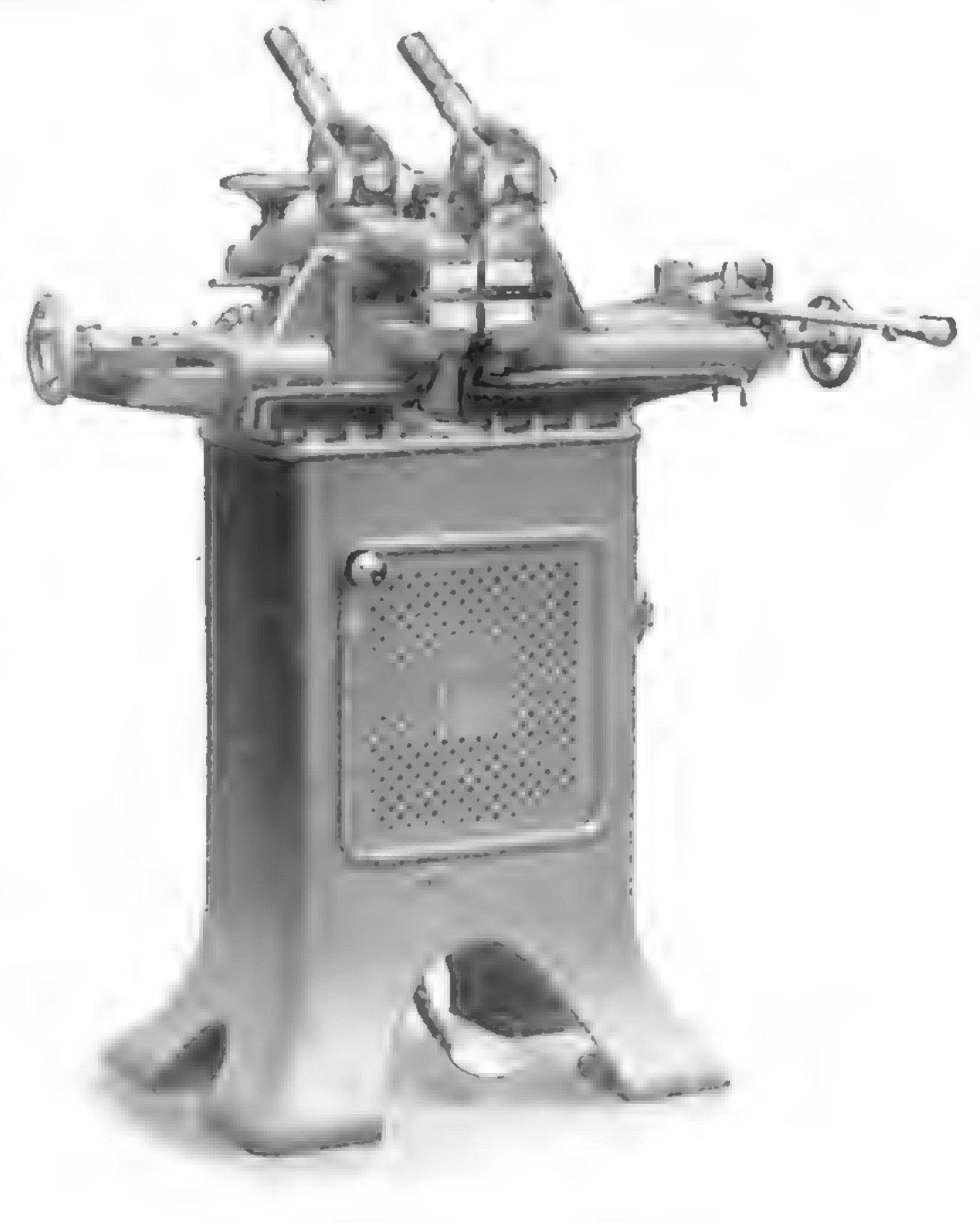
Arten der Widerstandsschweißung: **Stumpf-, Punkt- und Nahtschweißung.**

1. Stumpfschweißung:

Arbeitsvorgang: Einspannen des Schweißgutes und Einschalten des Stromes. Sobald die Hitze auf der Außenhaut erscheint, ist der ganze Querschnitt durchgehitzt. Nach eingetretener Schweißwärme werden die Schweiß-Enden gegeneinander gestaucht und gleichzeitig der Strom ausgeschaltet. Der eigentliche Schweißvorgang ist hiermit beendet. Die entstandene Wulst kann in der Hitze, mit der das Stück geschweißt wurde, wieder weggehämmert werden. Bedingung für eine gute Schweißung ist gleicher Querschnitt der zu vereinigenden Enden.

Geschlossene Teile, wie Ringe, Schnallen, Kettenglieder usw., erfordern mehr Energie als offene, nicht in sich geschlossene Schweißstücke.

Anwendungsgebiet: Alle Schweißarbeiten, bei denen die Stoßverbindung notwendig ist, z. B. bei der Verbindung



Stumpfschweißmaschine für die Kleineisenindustrie für 7,5 kW-Leistung.

von Rundeisen, Profilen, Ringen, Schnallen, Kettengliedern usw. Stumpfschweißen lassen sich: Eisen, Temperguß, Stahl, Kupfer, Messing und Aluminium.

Vorzüge: Hitzeentwicklung innerhalb weniger Sekunden, Schweißwärme läßt sich einwandfrei verfolgen, so daß ein Verbrennen des Gutes ausgeschlossen ist. Schweißstelle außerordentlich rein und in metallurgischer Hinsicht einwandfrei, da kein Fremdmaterial in die Schweißstelle gelangen kann.

Techn. Daten: Einen ungefähren Ueberblick über Energieverbrauch und Größe der zu wählenden Schweißmaschine ergibt nachstehende Tabelle, wobei die maximale Schweißleistung für offene Längen eingetragen ist.

Stumpfschweißmaschine		Maximal-Schweißleistung Querschnitt in qmm		Transformatorleistung in KVA
Type	Gewicht netto kg	Eisen	Kupfer	
St 1,5	22	50	25	1,5
St 2	32	65	30	2
Sta 1,5	25	50	25	1,5
Sta 2	35	65	30	2
St 3	225	100	40	3
St 3/7,5	260	250	80	7,5
St 7,5	340	250	80	7,5
St 15	480	500	125	15
St 40/25	1465	800	165	25
St 40	1500	1200	200	40
St 60	1675	1800	300	60
St 60/80	1875	2400	400	80
St 120	6500	3600	600	120
St 200	11500	6000	1000	200

Abschmelzverfahren.

Hochwertige Stähle schweißt man nach dem Abschmelzverfahren. Dies unterscheidet sich vom normalen Widerstandsschweißen dadurch, daß die Schweißstücke von vornherein nicht gegeneinander gepreßt werden; es bleibt vielmehr an der Stoßstelle ein Luftspalt stehen.

Arbeitsvorgang: Der Schweißstrom wird eingeschaltet und hiernach das Schweißstück feinfühlig genähert, bis der Widerstand so gering ist, daß der Schweißstrom in Form von Funken überspringt. Dieser Vorgang wird so forciert, daß sich die Hitze auf dem ganzen Schweißquerschnitt

gleichmäßig verteilt. Nach eingetretener Schweißhitze staucht man die zu vereinigenden Schweißstücke schlagartig zusammen, so daß das im Querschnitt vorhandene geschmolzene Material teilweise ausgequetscht wird.

Anwendungsgebiet: Besonders wertvoll beim Herstellen von Schneidewerkzeugen aus hochwertigen Stählen und beim Schweißen von komplizierten Querschnitten und Rohren.

2. Punktschweißung.

Anwendungsgebiet: Besonders Verbindung von Blech- und Eisenkonstruktionen als Ersatz für das frühere Nieten; punktweise können Eisen-, Messing-, Zink- und Aluminiumbleche geschweißt werden. Das Verschweißen von Stücken, bei denen große Eisenmassen zwischen die Schweißelektrode und Elektrodenarme zu liegen kommen, erfordert mehr Energie als von solchen, bei denen nur verhältnismäßig geringe Massen zwischen die Elektrodenarme gelagert werden.

Vorzüge: Größere Festigkeit gegenüber der Nietverbindung, da die beim Nieten durch Lochen notwendige Materialschwächung nicht eintritt.

Technische Daten: Einen Ueberblick über den für die verschiedenen Blechstärken in Frage kommenden Energieverbrauch gibt nachstehende Tabelle:



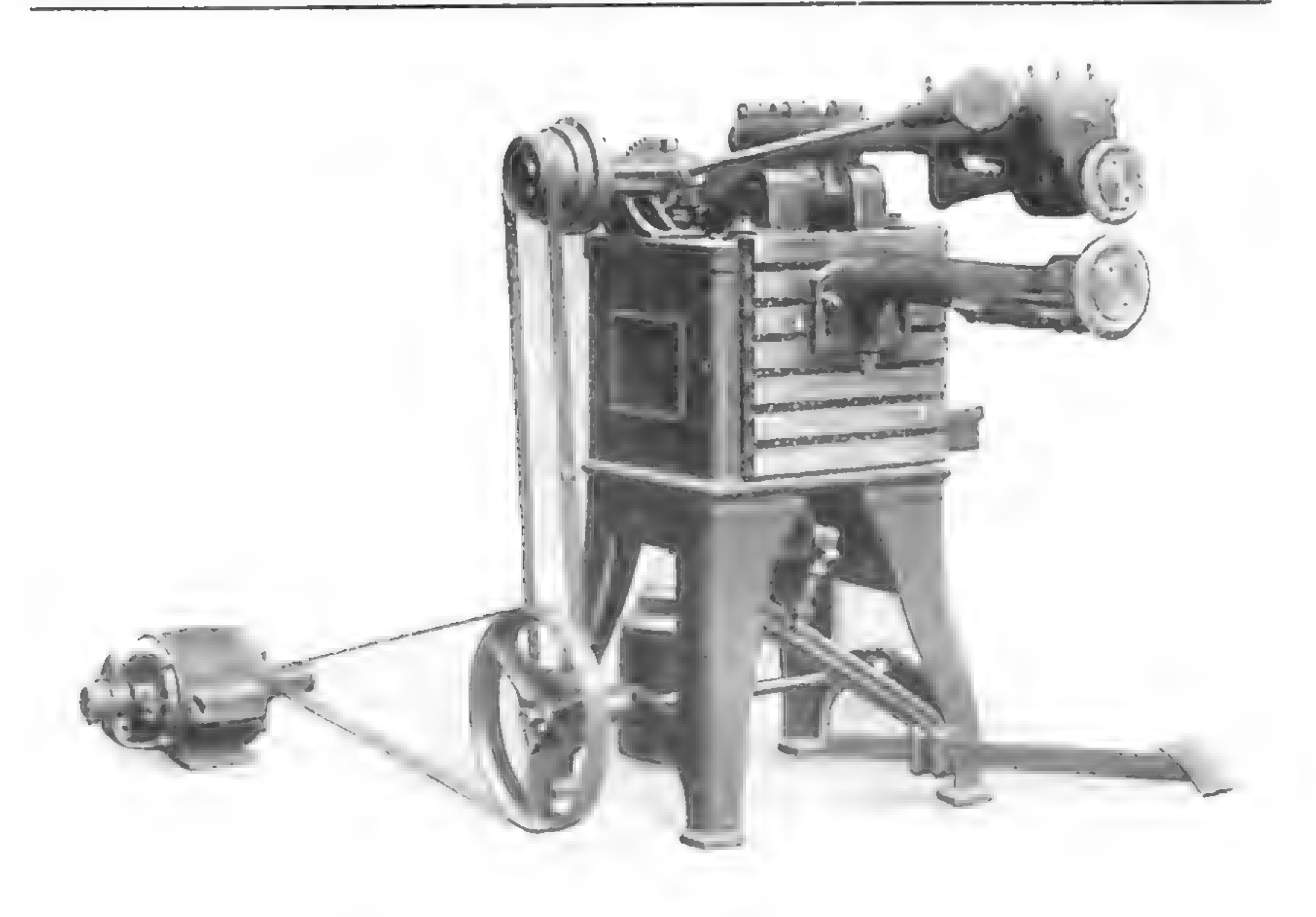
Punktschweißmaschine für Fußbetrieb.

Punktschweißmaschine		Mittlere Dauer-Schweißleistung in mm Einfachblechstärke		Transformatorleistung
Type	Gewicht netto kg	Punktweise	Nahtweise	in KVA
BT 1,0	70	0,2	nicht geeignet	1,0
BT 1,5	75	0,5	nicht geeignet	1,5
BT 3,0	90	1,0	nicht geeignet	3,0
B 7,5	240	1,5	0,8	7,5
B 15,0	550	4,0	1,2	15,0
B 25,0	1170	7,5	2,0	25,0

3. Nahtschweißung.

Arbeitsvorgang: Man zieht die zu verschweißenden Bleche zwischen zwei stromführende Rollen, die unter Druck stehen, hindurch. Schweißgeschwindigkeit zwischen 2 und 50 mm in der Sekunde. Geschweißte Teile können nachträglich geformt, gedrückt und gepreßt werden.

Anwendungsgebiet: Verbindung von Eisen-, Messing- und Zinkblechen von den geringsten — bis zu 2 mm Blechstärke, sowohl in der Längs- wie in der Rundnaht — da der Schweißstrom feinstufig reguliert werden kann, so daß Verbrennungsgefahr ausgeschlossen ist.



Maschine zum Verschweißen von Rundnähten.

B. Lichtbogenschweißung.

Stromart: Gleichstrom, in neuerer Zeit auch Wechselstrom.

Konstruktionsprinzip: Umwandlung der elektrischen Energie in Wärme mittels Lichtbogen. Ein Pol der Stromquelle wird an das Schweißgut und der Gegenpol an einen Handgriff gelegt, der entweder eine Kohle-Elektrode (Verfahren von Bernados) oder eine Metall-Elektrode (Verfahren von Slavianoff) trägt.

Technische Daten: Schweißspannung 10—65 Volt, Stromstärke 50—800 Amp., je nach Größe der Schweißstücke.

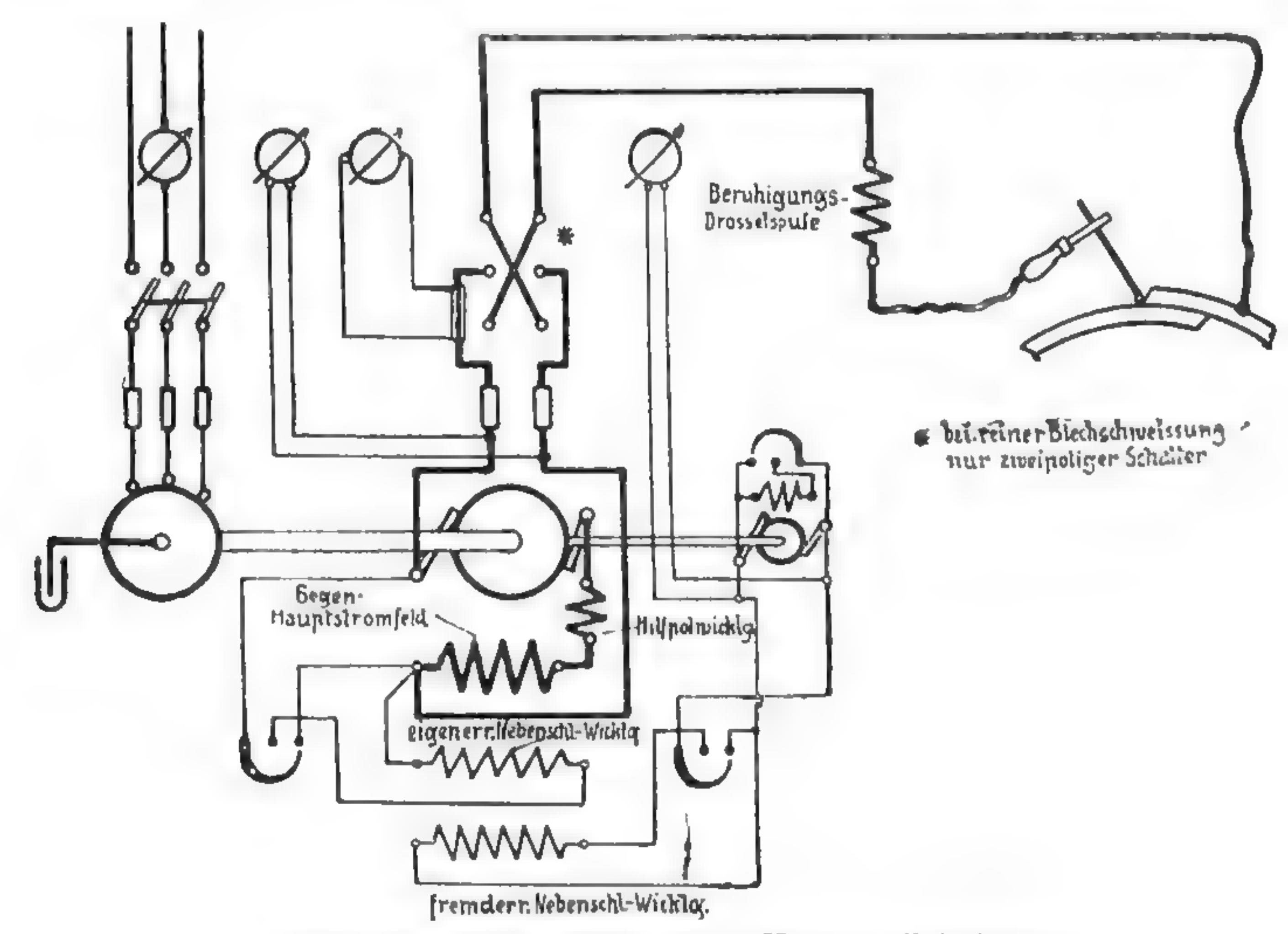
Arbeitsvorgang: Der Schweißer berührt zum Lichtbogenschweißen das Schweißgut mit der Elektrode. Der Lichtbogen bringt das Schweißstück an den zu schweißenden Kanten in Fluß. Gleichzeitig schmilzt man im Lichtbogen selbst Zusatzmetallstäbe, die in die Schweißfuge einlaufen und sich mit dem Material des Schweißstückes verbinden (Verfahren von Bernados). Dies Verfahren findet noch Anwendung bei der Fabrikation von dünnen Blechgefäßen (Eisenfässer u. dergl.) und bei der elektrischen Schienenschweißung.

Beim Verfahren von Slavianoff schmelzen die Metall-Elektroden selbst ab und fließen in die Schweißstelle ein. Das Verfahren eignet sich zur Ausführung fast aller Schweißarbeiten: Ausschweißen von Schweißfehlern an Gußstücken, Reparatur gebrochener und gesprungener Gußstücke, Schweißen von Blechen, Eisenkonstruktionsteilen aller Art, von Schiffen, Dampfkesseln usw.

In neuerer Zeit verwendet man hauptsächlich überzogene Metall-Elektroden; sie konzentrieren den Lichtbogen und gestatten ebenso horizontal wie vertikal „über Kopf Nähte“ herzustellen.

Anhaltspunkte über Schweißleistung, Energie und Elektroden-Verbrauch gibt nachstehende Tabelle:

Blechstärke mm	Stärke der Elektroden mm	Strom Amp.	Art der Schweißung	Schweiß-leistung in m pro Stde.	Draht-verbrauch in kg auf 1 m Nahtlänge
1,58	1,58	30	Ueberlappung	4,86	—
3,17	3,92	100	Ueberlappung	3,35	0.2075
3,17	3,92	95	Stumpfschweißung	2,28	0,34
4,76	3,92	130	Ueberlappung	3,04	0,325
4,76	3,92	117	Stumpfschweißung	1,92	0,459
6,35	3,92	140	Ueberlappung	1,82	0,502
6.35	3,92	137	Stumpfschweißung	1,13	0,74
9,52	3.92	140	Ueberlappung	1,219	0,695
9.52	3,92	140	Stumpfschweißung	0,762	0,83
12,70	4,76	150	Ueberlappung	1,097	0,8
12,70	4,76	150	Stumpfschweißung	0,609	1,48
15,87	4,76	165	Ueberlappung	0,609	1,48
15,87	4,76	165	Stumpfschweißung	0,405	2,15
19 mm Niet	3,92	135	Ersatz für Verstemmen	2 Min. f. 1 Niete	0,1 f. 1 Niete
Pironstift mit 12 mm Blech	3,92	150	Ersatz für Verstemmen	23 Min. f. 1 Schweißg.	0,18 f, 1 Stift
50 mm Kesselrohr mit 6,3 bis 3,1 mm Blech	3,92	135	Spezialschweißung	3 Min. für 1 Schweißg.	0,059 für 1 Rohr



Lichtbogen-Schweißanlage in Krämer-Schaltung

Maschinen für Lichtbogenschweißung: Für alle Lichtbogenschweißverfahren empfiehlt es sich, Spezialmaschinen, die auf konstantem Strom arbeiten, zu verwenden (siehe Querfeldmaschine ETZ 1906 Seite 1035, 1061 und Gleichstrommaschinen in Krämer-Schaltung ETZ 1919 Seite 798). Solche Maschinen gestatten die gesamte erzeugte Energie ohne Verluste durch Widerstände auf die Schweißstelle zu übertragen. Bei direktem Anschluß an Gleichstromnetze müssen vor die Schweißstelle Widerstände geschaltet werden, die einen Teil Energie vernichten und den Betrieb gegenüber den Konstantstrommaschinen verteuern. In neuerer Zeit verwendet man auch Lichtbogenschweißtransformatoren; der Leistungsfaktor beträgt aber nur etwa 0,2; die Schweißspannung bei Wechselstrom liegt etwas höher als bei Gleichstrom.

C. Sonderausführungen.

Hierunter fallen die elektrischen Nietenwärmer und elektrischen Signier-Apparate.

Die **elektrischen Nietenwärmer** beruhen auf demselben Prinzip wie die elektrischen Schweißapparate, nur tritt die Erhitzung nicht durch den Uebergangswiderstand ein, sondern durch den Widerstand, den der Strom beim Durchfluß durch den Schaft der Nieten oder des Bolzens findet.

Stromart: Elektrische Nietenwärmer werden mit Einphasentransformatoren ausgerüstet; sie können für Leistungen bis 15 kW einphasig auch an Drehstromnetze angeschlossen werden.

Arbeitsvorgang: Die obere Elektrode der Nietenwärmer steht fest und die untere Elektrode wird durch Federdruck gegen die zu erwärmende Niete resp. Bolzen gedrückt. Die Nietenwärmer werden in drei Größen ausgeführt:

Type	Zahl der Einspannstellen	Transformatorleistung kW	Geeignet für Nietdurchmesser
I	2	7,5	2 je 10 mm Ø, 1 je 16 mm Ø
II	3	15	3 je 13 mm Ø, 2 je 20 mm Ø 1 × 26
III	3	25	3 je 20 mm Ø, 2 je 30 mm Ø 1 × 38

Elektrischer Nietwärmer zum gleichzeitigen Erwärmen von 3 Nieten.

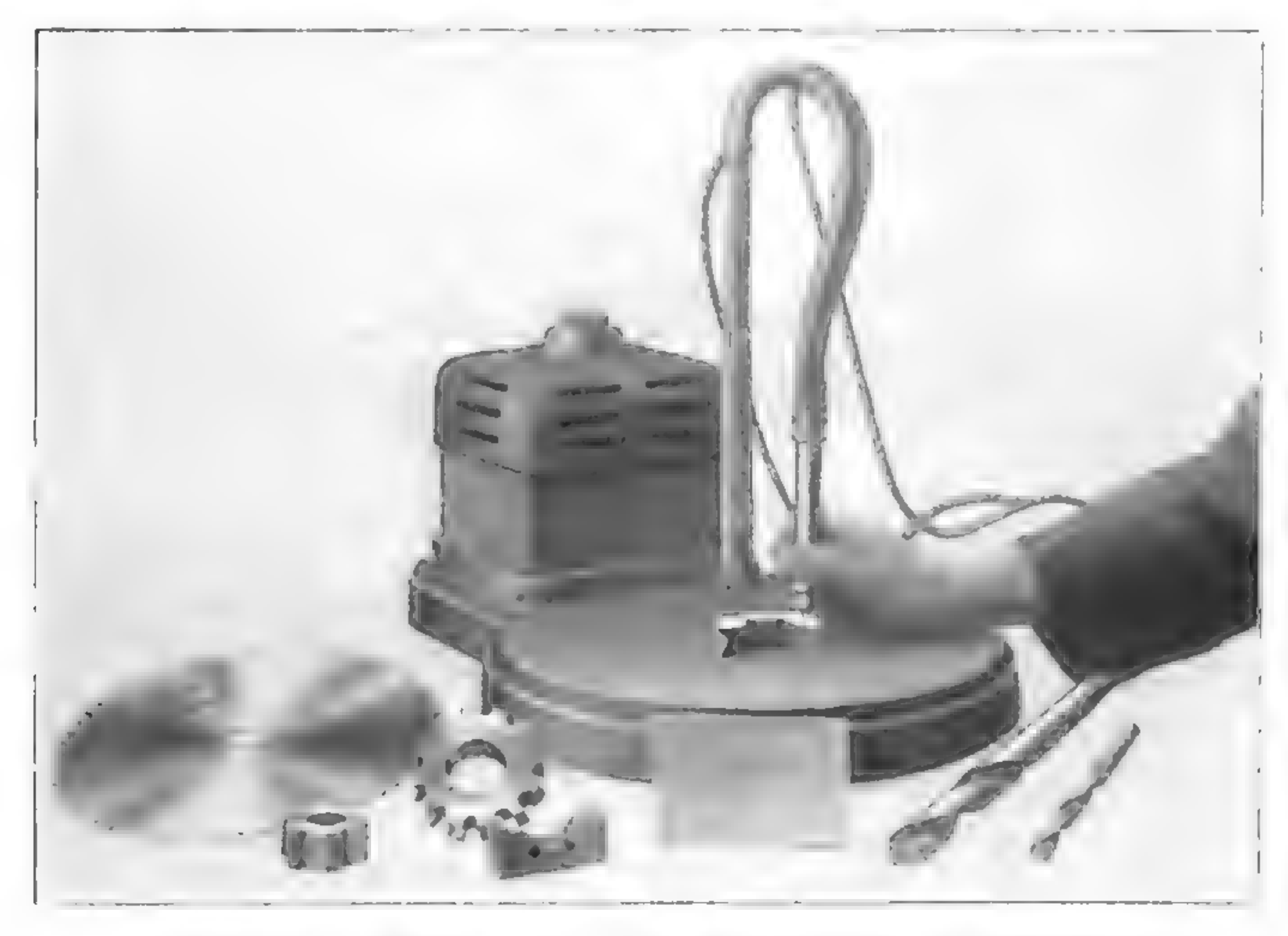
Anwendungsgebiet: Elektrische Nietenwärmer finden Verwendung in Eisenkonstruktionswerkstätten und Brückenbauanstalten. Derartige Nieten werden am Ende des Schaftes weißwarm, im Mittelstück rotwarm und am Kopf dunkelwarm erhitzt. Die gleichmäßige Erwärmung, die für Dampfkesselnieten und Schiffsnieten erforderlich ist, wird durch zeitliche Ausdehnung der Erhitzungsdauer erreicht. Derartig gleichmäßig erwärmte Nieten

arbeiten sowohl auf Festigkeit wie auf Anzug, so daß auch dichte Verbindungen erzielt werden.

Vorzüge gegenüber Nietenwärmung in offenen Feuern: Keine Rauch- und Rußbelästigung, jederzeit betriebsbereit, kein Leerlaufs-Energieverbrauch. Die gewünschte Erwärmung kann durch Regulierung von Spannung resp. Stromstärke beliebig erzielt werden, infolgedessen Wegfall von Ausschuß. Einen Ueberblick über die ungefähren Energie-Strom- und Zeitverbrauche beim Erhitzen von Nieten ergibt nebenstehende Tabelle.

Durchmesser der Nieten mm	Länge der Nieten mm	Leistungsaufwand pro Niet Kilowatt	Dauer der Erwärmung Sek.	Stromverbrauch für 100 Nieten Kilowattstunden
10	25	5	8	1
13	35	6	11	2
20	50	12	24	7
25	65	14	37	15

Elektrische Signier-Apparate bestehen im wesentlichen aus Niederspannungstransformatoren mit einer Leistung von ca. 500 Watt. Das eine Ende der Niedervoltwicklung des Transformators ist als strom-



Elektrischer Signierapparat mit gezeichneten Gegenständen.

führende Grundplatte ausgebildet, das andere als wassergekühlter Schreibgriffel. Die zu signierenden Teile werden auf die Grundplatte gelegt und mit Hilfe des Schreibgriffels wie mit einer Schreibfeder mit den beabsichtigten Schriftzügen beschrieben. Der Griffel endet in einem Spezialstift und wird mit leichtem Druck geführt. Die Signierapparate werden zum Anschluß an Einphasenstrom resp. einphasigem Anschluß

an Drehstrom bis maximal 500 Volt gebaut. Sie finden vorzugsweise Verwendung zum Bezeichnen von gehärteten und ungehärteten Werkzeugen in Werkzeugmachereien, zum Bezeichnen von Glühlampen auf dem Metallsockel, um Hausdiebstählen entgegenzutreten, sowie zum Bezeichnen von Automobilen und Automobilteilen resp. zum Bezeichnen von Schreibmaschinen und Schreibmaschinenteilen und dergl., um sie gegen Diebstähle zu schützen. Die Beschriftung derartiger Teile kann auch mit handschriftlicher Unterschrift durchgeführt werden. Eine Fälschung, die bei Stempelung vorkommen kann, ist dann ausgeschlossen.

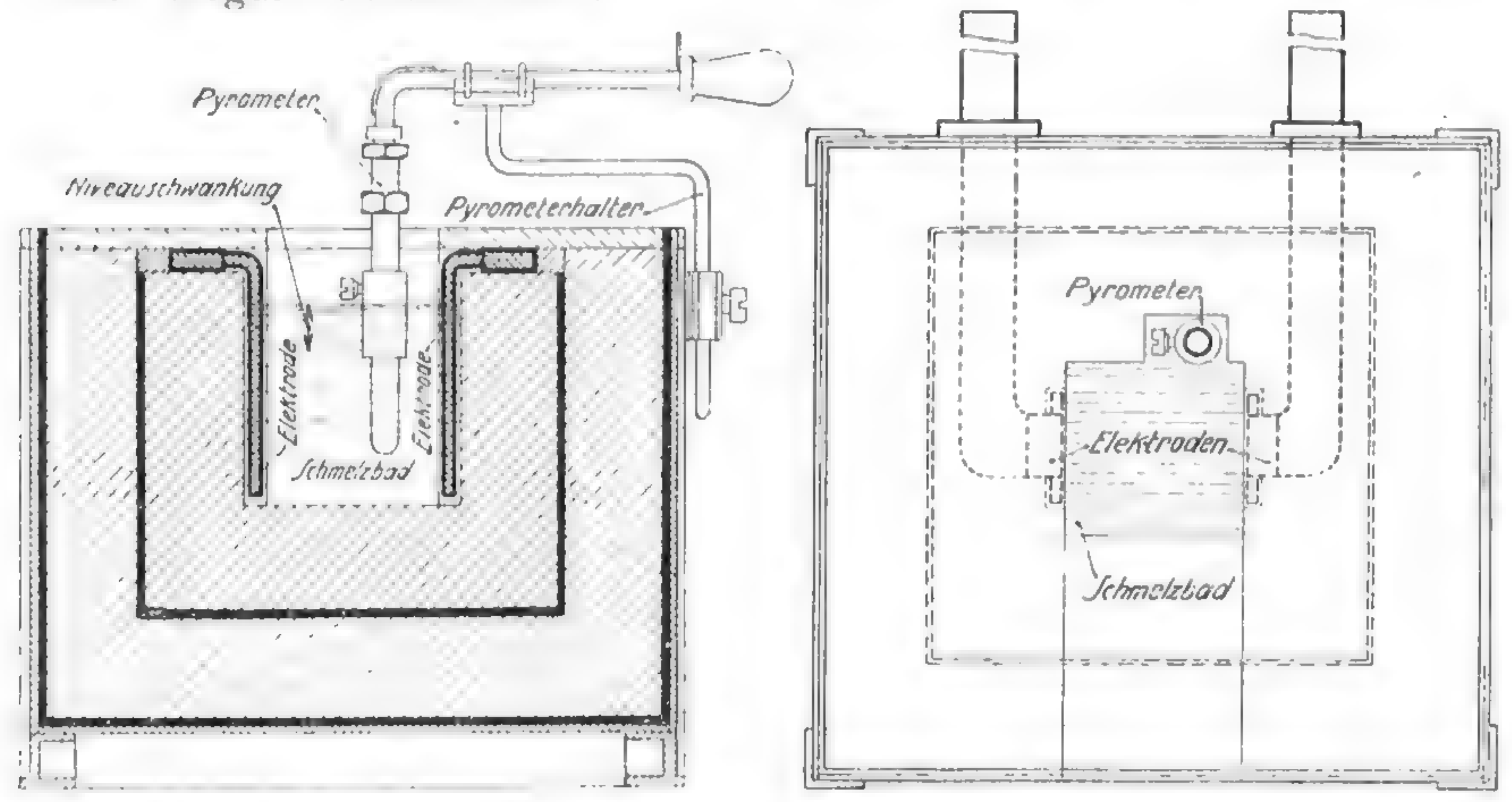
Die elektrische Signierung ist dauerhaft und kann nicht beseitigt werden. Erscheint sie durch Feilen oder Schmirgeln beseitigt, so tritt sie doch sofort wieder hervor, sobald die betreffende Stelle geätzt wird.

Härteöfen.

Glüh- und Härteanlage mit elektrisch beheiztem Schmelzbad.

Betriebsstrom: Wechsel- oder Drehstrom bis 500 Volt.

Konstruktionsprinzip: Erzeugung der Wärme innerhalb eines Salzbades durch Wechselstrom von niedriger Spannung und hoher Stromstärke, Stromzuführung durch Eisenelektroden, Temperaturregulierung durch Reguliertransformator.



Querschnitt Abb. 1 (Prinzipskizze). Grundriß
eines elektrischen Härteofens für einphasigen Anschluß.

Zusammensetzung des Salzbades.

Temperatur in °C	Salzart
1000—1300	Chlorbarium
750—850	Gemisch Chlorbarium und Chlorkalium
500—700	Spezialgemische von anderen Salzen
220—350—500	Salpetersalze

Abmessungen des Härtebades und Transformatorleistungen.

Ofengröße	Lichte Badabmessungen in mm			Erforderliche Transformatorleistungen in KVA			
				bei **normalem** Betrieb		bei **angestrengtem** Betrieb	
	Länge	Breite	Tiefe	850 ° C	1300 ° C	850 ° C	1300 ° C
I	120	120	120	5	8	8	12
II	150	150	170	8	12	12	17
III	200	200	270	12	25	17	38
III a	250	250	350	17	38	25	50
IV	300	300	370	25	50	38	75
V mod	350	350	450	38/50	75	50	100
V	400	400	500	50	100	75	100

Betriebsarten:

1. Betrieb nur eines Ofens für die verschiedenen Temperaturen, wobei jedoch evtl. Wechsel des Bades erforderlich.
2. Wechselbetrieb zweier Oefen, wobei der kleinere Ofen für Schnelldrehstahl, der größere für Kohlenstoffstahl oder auch zur Einsatzhärtung, z. B. in Eisenbahnwerkstätten, Verwendung findet.
3. Gleichzeitiger Betrieb mehrerer Oefen (bei verschiedenen Temperaturen).

Hauptvorzüge: Sicherste Erreichung und genaueste Einstellung aller Temperaturen bis 1350 ° C. Sehr schnelle Erwärmung des Glühgutes, daher sehr große Leistungsfähigkeit (Massenhärtung). Etwa vierfache Leistung eines gleichgroßen Muffelofens gewöhnlicher Ausführung. Fast völliger Fortfall von Härteausschuß, weil äußerst gleichmäßige Erwärmung des Härtegutes. Keine Zunderbildung (Erwärmung unter Luftabschluß). Fortfall besonderer Tiegel. Gefahrlosigkeit des Betriebes (niedrigste Ofenspannung). Geräuschlosigkeit (da kein Gebläse erforderlich). Größte Sauberkeit.



Abb. 2.
Elektrische Härteanlage für dreiphasigen Anschluß

Verwendungszweck:

1. Als Härteofen zum Härten von Werkzeugen, wie Fräser, Bohrer, Drehstähle, Schnitte, Stanzen u. a., von den verschiedensten Stahlsorten von Geräten, wie Sensen, Sicheln, Schaufeln, Gabeln, Aexten, Gesteinsbohrern, Hacken u. a., von Konstruktionselementen aus Stahl, wie Federn, Haken, Nägeln, Magneten, sowie Stahlbändern und Drähten (kontinuierlicher Betrieb).
2. Als Einsatzofen zum Zementieren von Laufflächen von Achsen, Lagerschalen, Buchsen, Bolzen, Kupplungsteilen, Gleitbahnen, Zahnrädern, Nockenwellen usw. (nach besonderem Verfahren).
3. Als Glühofen zur wärmetechnischen Nachbehandlung von Einsatzgut, zum Ausglühen von Konstruktionsmaterial und -teilen zwecks Vergütung oder Weiterverarbeitung.

Anwendungsstellen: Werkzeug- und Werkzeugmaschinenfabriken, Messer- und Sensenwerke, Lokomotiv- und Eisenbahnwerkstätten, Automobilfabriken, Fahrradwerke, größere Maschinenfabriken, Fabriken für landwirtschaftliche Maschinen und Maschinenteile, Kugellagerwerke, Werkstätten für Feinmechanik, Stahl- und Hüttenwerke, staatliche und private Werften, Waffen- und Munitionsfabriken, Schrauben- und Nagelwerke, Draht-, Kabel- und Stahlbandwerke, Federfabriken, Magnetfabriken, Bergwerksbetriebe, insbesondere im Kalibergbau u. a.

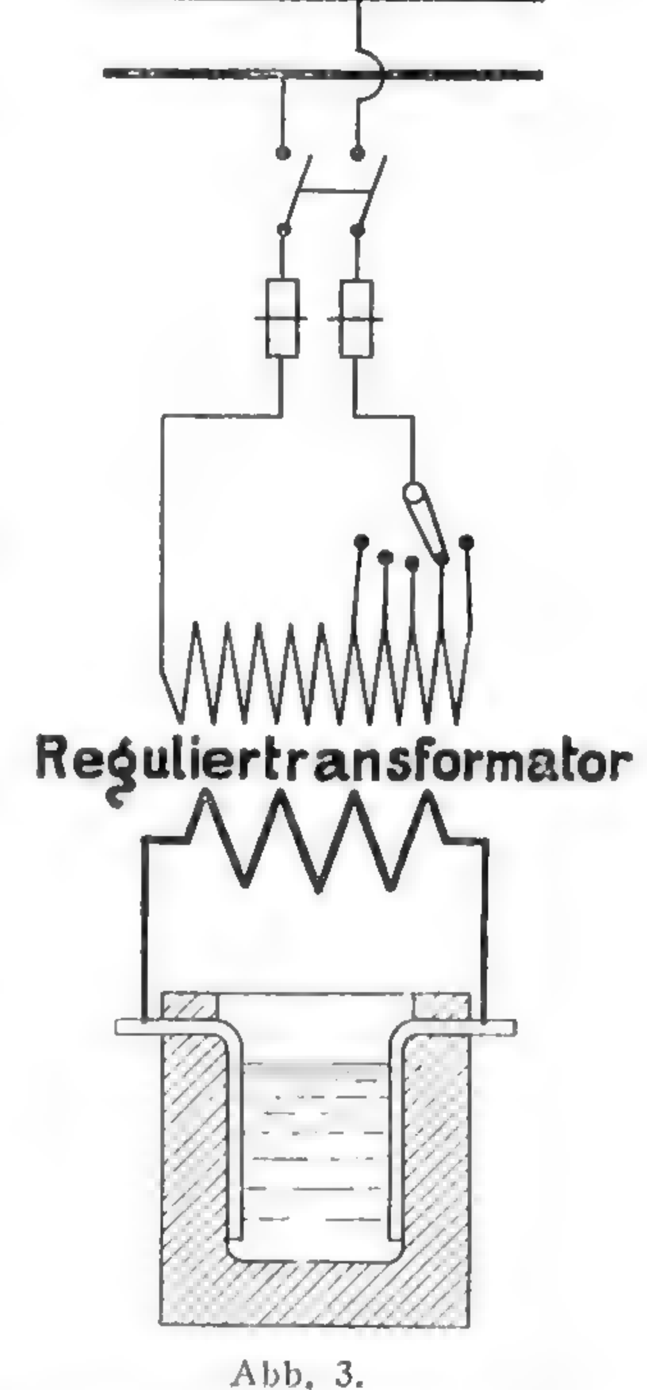


Abb. 3.
Schaltung einer einphasigen Härteanlage.

Elektrische Anlaßbäder

für Oel- oder Salzfüllung.

Betriebsstrom: Für alle Anlaßtemperaturen bis 350 ° C und unmittelbaren Anschluß an Gleichstrom, Wechsel- und Drehstrom bis 380 Volt.

Konstruktionsprinzip: Kräftiger gußeiserner Schmelztrog mit daran angebauten, leicht auswechselbaren Spezialheizelementen. Sie sind wärmebeständig und in besondere Isoliermasse geschützt eingebettet. Schmelztrog mit Heizelementen vom Blechschutzkasten umgeben und mit diesem in einen besonderen eisernen Außenkasten eingezetzt; dieser enthält die Wärmeisolation. Heizelemente leicht herausnehmbar.

Hauptvorzüge: Leichte Regulierbarkeit und Konstanthaltung der Temperatur und dadurch bedingte sicherste Erreichung der erforderlichen Anlaßhärte und -farbe. Größte Sauberkeit und Einfachheit.

Verwendungszweck:

1. Zum Anlassen aller Werkzeuge, die nach dem Härten zwecks Annahme einer besonderen Federhärte noch bei Temperaturen von 220 bis ca. 300° C. angelassen werden müssen, z. B. fast alle Werkzeuge zur Holzbearbeitung, wie Hobelmesser, Holzbohrer, Stechbeitel, Holzmeißel, ferner Gewindebohrer, Schneidbacken, Federmesser, Reibahlen, zahnärztliche und chirurgische Instrumente, Aexte, Schneidzangen, Holzsägen u. a. von Federn verschiedenster Art;
2. Zum Färben von Stahlgegenständen mit einer der bekannten Anlaßfarben, von hellgelb bis hellblau, wie z. B. von Gongstäben usw.;
3. Zum Schmelzen von leicht flüssigen Metallen, wie z. B. Zinn, Blei oder Druckletternmetall;
4. Zum Verzinnen und zu ähnlichen Prozessen, bei denen geschmolzene Metalle und andere Flüssigkeiten bei Temperaturen bis 350° verwendet werden.

Anwendungsstellen: Werkzeugfabriken, insbesondere solche für Holzbearbeitungswerkzeuge der obengenannten Art, feinmechanische und optische Werkstätten, Federfabriken, Uhrenfabriken, Metallschmelzereien, Druckereien, Verzinnungsanstalten usw.

Gebräuchlichste Badgrößen.

Ofengröße	Lichte Badabmessungen in mm			Maximale Energieaufnahme in kW
	Länge	Breite	Tiefe	
I	300	300	300	7.5
II	450	300	300	12

Elektrischer Muffel-Glühofen

für Temperaturen bis ca. 1000° C.

Für ähnliche Verwendungszwecke, wie der elektrische Salzbadofen und als Ergänzung desselben, insbesondere in Fällen, in denen sich das Salzbad nicht gut eignet oder eine allmähliche Steigerung oder Verringerung der Temperaturen erforderlich ist. Nähere Angaben über Muffelabmessungen, Energieaufnahme und Leistung auf besondere Anfrage.

Tiegelschmelzöfen.

System Helberger.

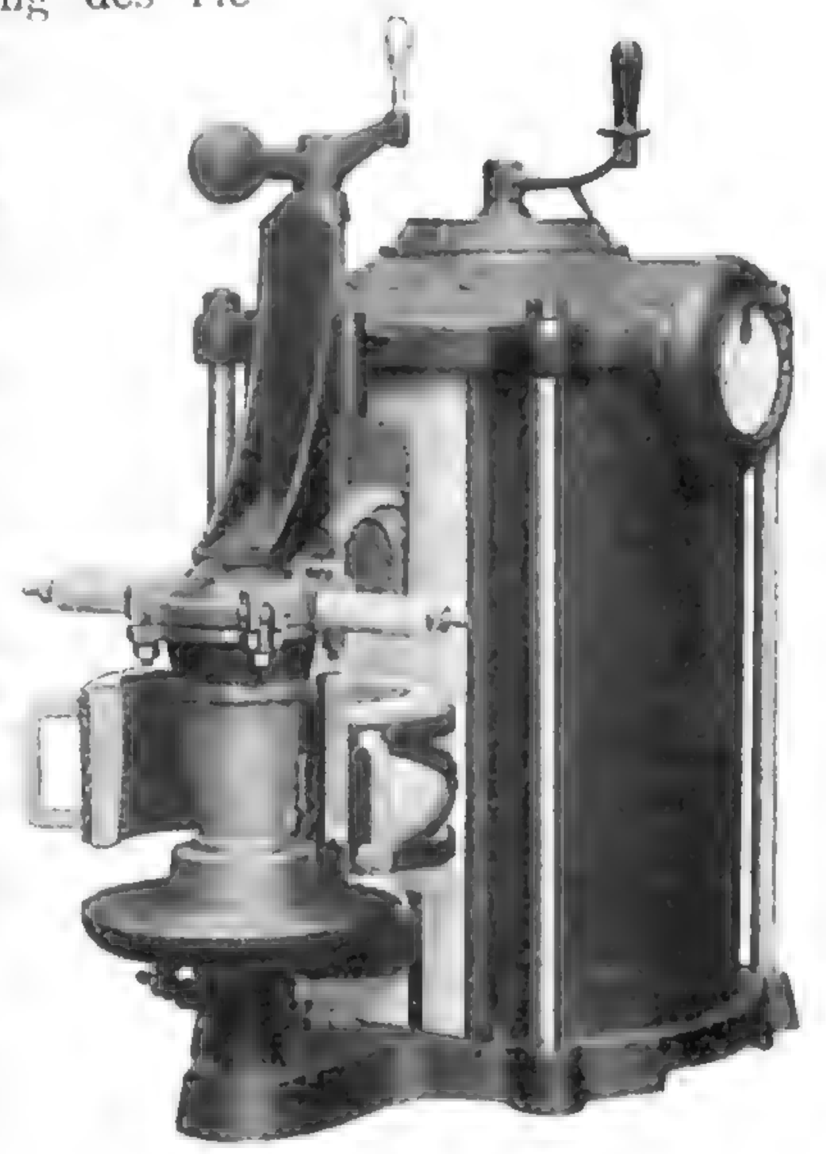
Betriebsstrom: Einphasen-Wechselstrom.

Konstruktionsprinzip: Erhitzung des Tiegels erfolgt nach dem Widerstandsprinzip, wobei der Tiegel den Widerstand bildet. Die Zuführung des Stromes vom Transformator her erfolgt durch 2 Kohleelektroden mit wassergekühlten Haltern in der Weise, daß der Tiegel in achsialer Richtung vom Strom durchflossen wird. Wärmeregulierung durch Spannungsregulierung mittels Regulierschalter und Anzapfungen am Transformator.

Tiegelmaterial: Als Heiztiegel kommen nur leitende Tiegel, Kohle und Graphittontiegel in Betracht.

Für Materialien, die nicht mit Kohle in Berührung kommen dürfen, werden entsprechende Einsatztiegel verwendet.

Technische Daten: Die Abhängigkeit der Schmelzleistung von der Transformatorgröße läßt folgende Tabelle I erkennen.



Schmelzofen Type TO I—III.

Kupferschmelzleistung und Transformatorleistung.

Ofentype	TO00	TO0	TOI	TOII	TOIII	TOIV	TOV	TOVI	TOVII
Schmelzleistung in Kupfer in kg	0.05	0,7	3	5	10	15	25	50	100
Transformatorleistung in KVA	1	3	4	6	10	15	25	50	100

Der Energieverbrauch richtet sich nach der Schmelztemperatur, dem spezifischen Gewicht und der Schmelzwärme und ist für einige Metalle in der folgenden Tabelle enthalten.

Energieverbrauch in kW/Std. für je 100 kg Schmelzmetall.

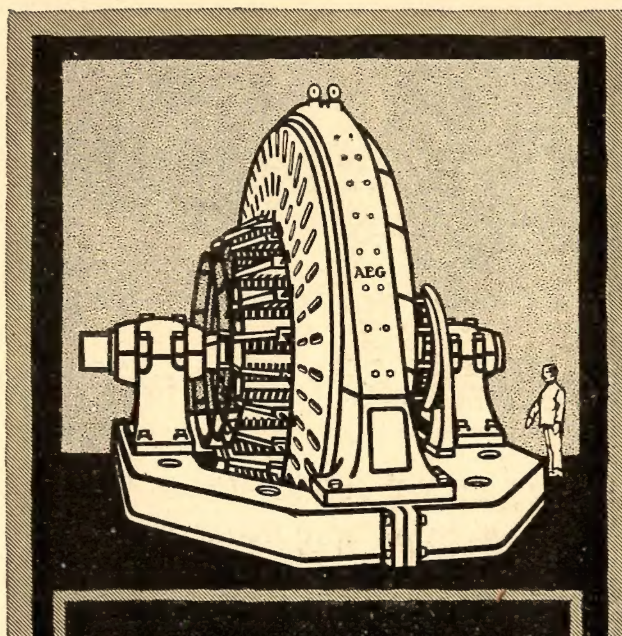
Metallart	Eisen	Kupfer	Gold	Silber
Energieverbrauch in kW/Std.	140	60	50	45

Hauptvorzüge: Sauberkeit des Betriebes, sofortige Betriebsbereitschaft, hohe Regulierbarkeit, einfache Wartung, geringer Raumbedarf, verkürzte Schmelzdauer, Betriebssicherheit und Haltbarkeit.

Anwendungsgebiete: Zum Schmelzen von Rotguß, Kupfer, Messing, Bronze, Chemikalien, Eisen und Stahl, Gold, Silber, Nickel, Aluminium usw. in Maschinenfabriken, Eisenbahnwerkstätten, chemischen Fabriken, Eisen- und Stahlgießereien, Edelmetallbearbeitungs-Werkstätten, Glühlampenfabriken usw.

Sachverzeichnis.

Tabellen des ersten Teils.


AEG



Elektrostahl-Lichtbogenöfen

zur Herstellung von Stahlformguß, Qualitätsstahl, Ferrolegierungen usw.

Selbsttätige Regulierung der Elektroden

Bei 21 Anlagen im Gebrauch
Für 18 Anlagen im Bau

AEG



